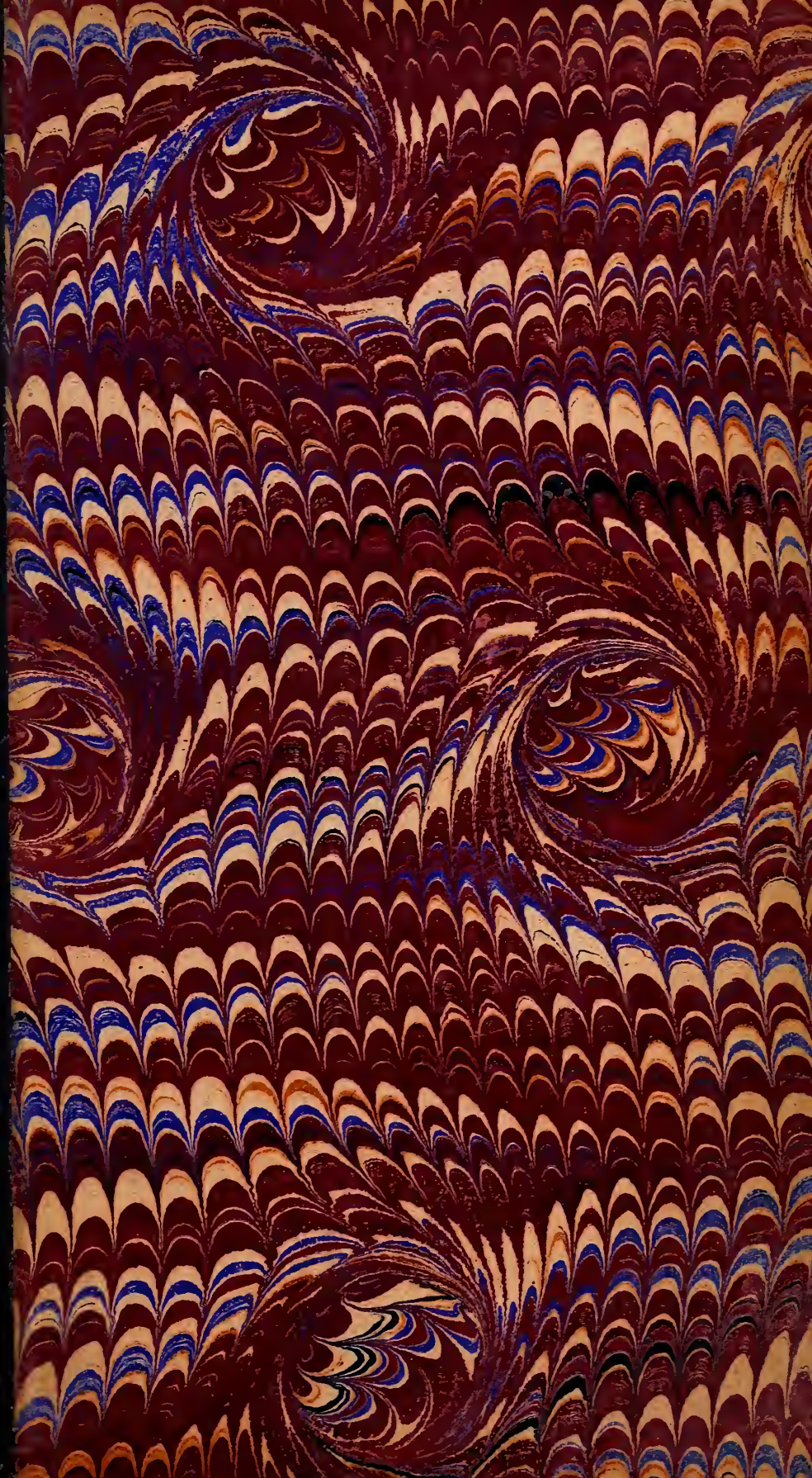


Q56
.R47
*

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1909

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME X — 20 JUILLET 1906

(TRENTIÈME ANNÉE; TOME LX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(**M. J. Thirion**)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1906

08 3717 July 8

LE MINOTAURE TYPHÉE

Pour désigner l'insecte objet de cet opuscule, la nomenclature savante associe deux noms redoutables : celui de Minotaure, le taureau de Minos, nourri de chair humaine dans les cryptes du labyrinthe de Crète, et celui de Typhée, l'un des géants, fils de la Terre, qui tentèrent d'escalader le Ciel.

A la faveur de la pelote de fil que lui donna Ariane, fille de Minos, l'Athénien Thésée parvint au Minotaure, le tua et sortit sain et sauf, ayant pour toujours délivré sa patrie de l'horrible tribut destiné à la nourriture du monstre. Typhée, foudroyé sur son entassement de montagnes, fut précipité dans les flancs de l'Etna.

Il y est encore. Son haleine est la fumée du volcan. S'il tousse, il expectore des coulées de lave ; s'il change d'épaule pour reposer sur l'autre, il met en émoi la Sicile, il la secoue d'un tremblement de terre.

Il ne déplaît pas de trouver un souvenir de ces vieux contes dans l'histoire des bêtes. Sonores et respectueuses de l'oreille, les dénominations mythologiques n'entraînent pas des contradictions avec le réel, grave défaut que n'évitent pas toujours les termes fabriqués de toutes pièces avec les données du lexique. Si de vagues analogies relient en outre le fabuleux et l'historique, noms et prénoms sont des plus heureux. Tel est le cas du Minotaure Typhée *(Minotaurus Typhœus*, Lin.*)*.

On appelle de ce nom un coléoptère noir, de taille assez avantageuse, étroitement apparenté avec les troueurs

de terre, les Géotrupes. C'est un pacifique, un inoffensif, mais il est encorné mieux que taureau de Minos. Nul, parmi nos insectes amateurs de panoplies, ne porte armure aussi menaçante. Le mâle a sur le corselet un faisceau de trois épieux acérés, parallèles et dirigés en avant. Supposons-lui la taille d'un taureau, et Thésée lui-même, le rencontrant dans la campagne, n'oserait affronter son terrible trident.

Le Typhée de la fable eut l'ambition de saccager la demeure des dieux, en dressant une pile de montagnes arrachées de leur base ; le Typhée des naturalistes ne monte pas ; il descend, il perfore le sol à des profondeurs énormes. Le premier, d'un coup d'épaule, met une province en trépidation ; le second, d'une poussée de l'échine, fait trembler sa taupinée comme tremble l'Etna lorsque son enseveli remue. Il affectionne les lieux découverts, sablonneux où, se rendant au pâturage, les troupeaux de moutons sèment leurs traînées de noires pilules.

Ces dragées, modelées en olives, sont pour lui la réglementaire provende. A leur défaut, il accepte aussi les menus produits du lapin, de cueillette aisée, car le timide rongeur, crainte peut-être de se trahir par des témoins trop répandus, a ses latrines parmi des touffes de thym et revient toujours crotter à l'endroit accoutumé. Mais ce sont là des vivres de qualité inférieure, utilisés, faute de mieux, pour lui, jamais pour sa famille. Il leur préfère ceux que lui fournit le troupeau. S'il fallait le dénommer d'après ses goûts, il faudrait l'appeler le passionné collecteur de crottins de mouton.

Cette prédilection pastorale n'avait pas échappé aux anciens observateurs. L'un d'eux appelle l'insecte Scarabée des moutons, *Scarabæus ovinus*. Il est fâcheux que la nomenclature n'ait pas conservé le vieux qualificatif, de signification si précise, éminemment apte à nous renseigner.

Les terriers, reconnaissables à la taupinée qui les sur-

monte, commencent à se montrer fréquents en automne, lorsque des pluies sont enfin venues humecter le sol, calciné par les torridités estivales. Alors, de dessous terre, les jeunes de l'année doucement émergent et viennent, pour la première fois, aux réjouissances de la lumière ; alors, en des chalets provisoires, grassement on festoie quelques semaines ; puis on thésaurise en vue de l'avenir.

Visitons la demeure, maintenant travail aisé, auquel suffit une simple houlette de poche. Le manoir est un puits du calibre du doigt et de la profondeur d'un empan environ. Pas de chambre spéciale, mais un trou de sonde, vertical autant que le permettent les accidents du terrain. Tantôt d'un sexe, tantôt de l'autre, le propriétaire est au fond, toujours isolé. L'heure de se mettre en ménage et d'établir la famille n'étant pas encore venue, chacun vit en ermite et ne s'occupe que de son bien-être. Au-dessus du reclus, une colonne de crottins de mouton encombre le logis. Il y en a parfois de quoi remplir le creux de la main.

Comment le Minotaure a-t-il acquis tant de richesses ? Il amasse aisément, affranchi qu'il est du tracas des recherches, car il a toujours soin de s'établir à proximité d'une copieuse émission. Il fait cueillette sur le seuil même de sa porte. Lorsque bon lui semble, la nuit surtout, il sort et choisit dans l'amas de pilules une pièce à sa convenance. De son chaperon comme levier, il l'ébranle en dessous ; d'un doux roulis il l'amène à l'orifice du puits, où le butin s'engouffre. Suivent d'autres olives, méthodiquement, une par une, toutes d'une manœuvre facile à cause de leur forme. Ainsi roulent des fûts sous la poussée du tonnelier.

Lorsqu'il se propose d'aller festoyer en paix sous terre, loin de la mêlée, le Scarabée sacré conglobe en boule sa part de victuailles ; il lui donne la configuration sphérique la mieux apte au charroi. Le Minotaure, versé lui aussi dans la mécanique du roulage, est affranchi de ces pré-

paratifs ; le mouton lui moule gratuitement des pièces à déplacement aisé. Satisfait de sa récolte, l'amasseur rentre chez lui.

Que va-t-il faire de son trésor ? S'en nourrir, cela va de soi, tant que le froid et sa conséquence l'engourdissement ne suspendront pas l'appétit. Mais la consommation n'est pas tout : en hiver certaines précautions s'imposent dans une retraite de médiocre profondeur. Aux approches de décembre déjà se rencontrent quelques taupinées aussi volumineuses que celles du printemps. Elles correspondent à des terriers descendant à plus d'un mètre de profondeur. En ces cryptes reculées, l'hiver n'est pas à craindre, mais elles sont encore rares. Les plus fréquentes, toujours occupées par un seul habitant, ne mesurent guère qu'un empan. D'habitude elles sont capitonnées d'un copieux molleton provenant de pilules arides émiettées et réduites en charpie. Il est à croire que cet amas filamenteux, favorable à la conservation de la chaleur, n'est pas étranger au bien-être de l'ermite en des temps rigoureux. Le Minotaure thésaurise donc un peu pour vivre, un peu pour s'entourer d'un matelas de feutre lorsque viennent les froids sérieux.

Vers les premiers jours de mars commencent à se rencontrer des couples, adonnés de concert à la nidification. Les deux sexes, jusque-là isolés en des terriers superficiels, se trouvent maintenant associés pour une longue période. En quel lieu se fait la rencontre et se conclut le pacte de collaboration ? Un fait tout d'abord attire mon attention. Dans l'arrière-saison, ainsi qu'en hiver, les femelles abondaient, aussi nombreuses que les mâles ; quand arrive mars, je n'en trouve presque plus, à tel point que je désespère de peupler convenablement la volière où je me propose de suivre les mœurs de l'insecte. Pour une quinzaine de mâles, j'exhume deux ou trois femelles tout au plus. Que sont devenues ces dernières, si fréquentes au début ?

Je fouille, il est vrai, les terriers les mieux accessibles à ma petite houlette. Peut-être le secret des absentes est-il au fond des gîtes plus pénibles à visiter. Faisons appel à des bras plus souples, plus vigoureux que les miens et armés d'une bêche. Je suis dédommagé de ma persévérance. Les femelles enfin se trouvent, aussi nombreuses que je peux le désirer. Elles sont seules, sans vivres, au fond d'une galerie verticale dont la profondeur découragerait quiconque n'est pas doué d'une belle patience, souverain levier de l'observation.

Maintenant tout s'explique. Dès l'éveil printanier et même parfois à la fin de l'automne, avant d'avoir connu leurs collaborateurs, les vaillantes futures mères se mettent à l'ouvrage, choisissent bonne place et forent un puits qui, s'il n'atteint déjà la profondeur requise, sera du moins l'amorce de travaux plus considérables. Aux heures discrètes du crépuscule, c'est dans ces galeries plus ou moins avancées que les prétendants viennent les trouver, des fois plusieurs ensemble. Il n'est pas rare, en effet, d'en rencontrer deux ou trois auprès de la même nubile.

Comme un seul suffit, les autres videront les lieux, s'en iront chercher ailleurs lorsque le choix de la sollicitée et peut-être un brin de bataille auront décidé de la chose. Entre ces pacifiques, les rixes doivent être sans gravité. Quelques enlacements de pattes, dont les brassards dentelés grincent sur l'armure de corne, quelques culbutes sous les coups de trident, à cela sans doute se réduit la querelle. Les surnuméraires partis, le ménage se fonde, et dès lors sont contractés des liens de remarquable durée.

Ces liens sont-ils indissolubles ? Les deux conjoints se reconnaissent-ils parmi leurs pareils ? Y a-t-il entre eux mutuelle fidélité ? Si les occasions de rupture matrimoniale sont très rares, nulles même à l'égard de la mère, qui de longtemps ne quitte plus les profondeurs de son manoir, elles sont fréquentes, au contraire, à l'égard du père, obligé par ses fonctions de venir souvent au dehors. Ainsi

qu'on le verra tantôt, il est, sa vie durant, le pourvoyeur de vivres et le préposé au charroi des déblais. Seul, à différentes heures de la journée, il expulse au dehors les terres provenant des fouilles de la mère ; seul il explore les alentours du domicile, en quête des pilules dont se pétrira le premier gâteau.

Parfois les terriers sont voisins. Le collecteur de victuailles ne peut-il, en rentrant, se tromper de porte et pénétrer chez autrui ? En ses tournées, ne lui arrive-t-il jamais de rencontrer une promeneuse non encore établie, et alors, oublieux de sa première compagne, n'est-il pas sujet à divorcer? La question méritait examen. J'ai cherché à la résoudre de la manière suivante.

Deux couples sont extraits de terre en pleine période d'excavation. Une marque indélébile, pratiquée de la pointe d'une aiguille au bord inférieur des élytres, me permettra de les distinguer l'un de l'autre. Les quatre sujets sont distribués au hasard, un par un, à la surface d'une aire sablonneuse d'une paire d'empans d'épaisseur. Pareil sol est suffisant aux fouilles d'une nuit. Dans le cas où des vivres seraient agréables, une poignée de crottins de mouton est servie. Une ample terrine renversée couvre l'arène, met obstacle à l'évasion et fait l'obscurité, favorable au recueillement.

Le lendemain, réponse superbe. Il y a deux terriers dans l'établissement, pas davantage ; les couples se sont reformés tels qu'ils étaient avant ; chaque particulier a retrouvé sa particulière. Une seconde épreuve faite le jour d'après, ensuite une troisième, ont le même succès : les marqués d'un point sur l'élytre sont ensemble, les non-marqués le sont aussi au fond de la galerie.

Cinq fois encore, je fais chaque soir recommencer la mise en ménage. Les choses maintenant se gâtent. Tantôt chacun des quatre éprouvés s'établit à part ; tantôt, dans le même terrier sont inclus ici les deux mâles et là les deux femelles ; tantôt la même crypte reçoit les deux

sexes associés autrement qu'ils ne l'étaient au début. J'ai abusé de la répétition ; désormais c'est le désordre. Mes bouleversements quotidiens ont démoralisé les fouisseurs ; une demeure croulante, toujours à recommencer, a mis fin aux associations légitimes. Le ménage correct n'est plus possible du moment que la maison s'effondre chaque jour.

N'importe, les trois premières épreuves, alors que des troubles coup sur coup répétés n'avaient pas encore brouillé le délicat fil d'attache, semblent affirmer certaine constance dans le ménage Minotaure. Elle et lui se reconnaissent, se retrouvent dans le tumulte des événements que mes malices leur imposent. Ils se gardent mutuellement fidélité, qualité bien remarquable dans la classe des insectes, si vite oublieux des obligations matrimoniales.

Or, comment dans ce ménage se répartit le travail ? Le savoir n'est pas entreprise commode, à laquelle suffise la pointe d'un couteau. Qui se propose de visiter l'insecte fouisseur chez lui, doit recourir à des circonvallations exténuantes. Ce n'est plus ici la chambre du Scarabée, du Copris et des autres, mise à découvert, sans fatigue, avec une petite houlette de poche ; c'est un puits dont on n'atteindra le fond qu'à l'aide d'une solide bêche, vaillamment manœuvrée pendant des heures entières. Pour peu que le soleil tape dur sur la nuque, on reviendra de la corvée tout perclus.

Ah ! mes pauvres articulations rouillées par l'âge ! Soupçonner un beau problème sous terre et ne pouvoir le résoudre ! L'ardeur persiste, aussi chaleureuse qu'au vieux temps où j'abattais les talus spongieux aimés des Anthophores ; l'amour des recherches n'a pas défailli, mais les forces manquent. Heureusement, j'ai un aide. C'est mon fils Paul, qui me prête la vigueur de ses poignets et la souplesse de ses reins. Je suis la tête, il est le bras.

Le reste de la famille, la mère comprise et non de moindre zèle, d'habitude nous accompagne. Les yeux ne

sont pas de trop lorsque, la fosse devenue profonde, il faut surveiller à distance les menus documents exhumés par la bêche. Ce que l'un ne voit pas, un autre l'aperçoit. Huber, devenu aveugle, étudiait les abeilles par l'intermédiaire d'un serviteur clairvoyant et dévoué. Je suis mieux avantagé que le grand naturaliste de la Suisse. A ma vue, assez bonne encore quoique bien fatiguée, vient en aide la perspicace prunelle de tous les miens. Si je suis en état de poursuivre mes recherches et d'obtenir, en particulier, le secret du Minotaure, c'est à eux que je le dois. Grâces leur en soient rendues.

De bon matin, nous voici sur les lieux. Un terrier est trouvé avec taupinée volumineuse, formée de tampons cylindriques, expulsés tout d'une pièce à coups de refouloir. Sous le monticule de déblais s'ouvre un puits vertical. Un beau jonc, cueilli en chemin, est introduit dans le gouffre. Engagé plus avant à mesure que le haut se dénude, il nous servira de guide.

Le sol est très meuble, sans mélange de cailloux, odieux à l'insecte fouisseur, ami de l'invariable direction verticale, odieux aussi au tranchant de la bêche exploratrice. Il se compose uniquement de sable cimenté par un peu d'argile. La fouille serait donc aisée s'il ne fallait atteindre des profondeurs où le maniement des outils devient fort difficile, à moins de bouleverser le terrain sur de grandes étendues. La méthode que voici donne de bons résultats sans exagérer les masses remuées, ce que le propriétaire du champ pourrait trouver mauvais.

Une aire d'un mètre de largeur au moins est attaquée autour du puits. A mesure que le jonc conducteur se dénude, on l'enfonce davantage. Il plongeait d'abord d'un empan ; il plonge maintenant d'une coudée. Bientôt l'extraction des terres devient impraticable avec la pelle, que gêne le manque de large ; il faut se mettre à genoux, rassembler des deux mains les déblais et les rejeter à belles poignées. La cuve s'approfondit d'autant, ce qui

augmente la difficulté déjà si grande. Un moment arrive où, pour continuer, il est nécessaire de se coucher à plat ventre, de plonger l'avant du corps dans le trou autant que le permet la souplesse des reins. Chaque plongeon amène au dehors à peine le plein creux d'une main. Et le jonc descend toujours, sans indication d'un prochain arrêt.

Impossible à mon fils de continuer de la sorte, malgré son élasticité juvénile. Pour se rapprocher du fond de la désespérante cuve, il abaisse le niveau de sa base d'appui. A l'extrémité de la ronde fosse, une entaille est faite, où il y a tout juste place pour les deux genoux. C'est un degré, un gradin que l'on approfondira à mesure. Le travail reprend, plus actif cette fois, mais le jonc consulté descend encore et de beaucoup.

Nouvel abaissement de l'escalier d'appui et nouveaux coups de bêche. Les déblais enlevés, l'excavation descend au delà d'un mètre. Y sommes-nous enfin ? Point : le terrible jonc continue de plonger. Approfondissons l'escalier et continuons. Le succès est aux persévérants. Victoire ! c'est fini. A la profondeur d'un mètre et demi, le jonc vient de rencontrer un obstacle. La chambre du Minotaure est atteinte.

La houlette de poche dénude avec prudence et l'on voit apparaître les maîtres de céans, le mâle d'abord, un peu plus bas la femelle. Le couple enlevé, se montre une tache circulaire et sombre ; c'est la terminaison de la colonne de victuailles.

Attention maintenant, fouillons en douceur. Il s'agit de cerner au fond de la cuve la motte centrale, de l'isoler des terres environnantes ; puis, faisant levier de la houlette insinuée dessous, d'extraire le bloc tout d'une pièce. C'est fait : nous voici possesseurs du couple et de son nid. Deux grosses heures d'exténuantes fouilles nous ont valu ces richesses ; le dos fumant de Paul nous dit au prix de quels efforts.

Cette profondeur d'un mètre et demi n'est pas et ne saurait être constante. Bien des causes la font varier, telles que le degré de fraîcheur et de consistance du milieu traversé, la fougue au travail de l'insecte et le loisir disponible suivant l'époque plus ou moins rapprochée de la ponte. J'ai vu des terriers descendre un peu plus bas, j'en ai trouvé d'autres n'atteignant pas tout à fait un mètre. Dans tous les cas, il faut au Minotaure une crypte de profondeur outrée. Nous aurons tantôt à nous demander quel impérieux besoin oblige le collecteur de crottins de mouton à se domicilier si bas.

Avant de quitter les lieux, notons un fait dont le témoignage aura plus tard sa valeur. La femelle s'est trouvée tout au fond du terrier ; au-dessus, à quelque distance, était le mâle, l'un et l'autre immobilisés par la frayeur dans une occupation qu'il n'est guère possible de préciser encore. Ce détail, vu et revu dans les divers terriers fouillés, semble dire que les deux collaborateurs ont chacun une place déterminée.

La mère, mieux entendue aux choses d'éducation, occupe l'étage inférieur. Seule elle fouille, versée qu'elle est dans les propriétés de la verticale, qui économise le travail en donnant la plus grande profondeur. Elle est l'ingénieur, toujours en rapport avec le front d'attaque de la galerie. L'autre est son manœuvre. Il stationne à l'arrière, prêt à charger les déblais sur sa hotte cornue.

Plus tard l'excavatrice se fait boulangère ; elle pétrit en cylindre le pain des fils. Le père est alors son mitron. Il lui amène du dehors de quoi faire farine. Comme dans tout bon ménage, la mère est le ministre de l'intérieur ; le père est le ministre de l'extérieur. Ainsi s'expliquerait leur invariable situation dans le logis tubulaire. L'avenir nous dira si ces prévisions traduisent bien la réalité.

Pour le moment, examinons à loisir, avec les aises du chez soi, la motte centrale, d'acquisition si laborieuse. Elle contient une conserve alimentaire en forme de sau-

cisse, à peu près de la longueur et de la grosseur du doigt. C'est composé d'une matière sombre, compacte, stratifiée par couches, où se reconnaissent les pilules du mouton réduites en miettes. Parfois la pâte est fine, presque homogène d'un bout à l'autre du cylindre ; plus souvent la pièce est une sorte de nougat où de gros débris sont noyés dans un ciment d'amalgame. Suivant ses loisirs, la mère varie et soigne plus ou moins la confection de sa pâtisserie.

La chose est étroitement moulée dans le cul-de-sac du terrier, où la paroi est plus lisse et mieux travaillée que le reste du puits. De la pointe du canif, aisément cela se dénude de la terre environnante, qui se détache à la façon d'une écorce. Ainsi s'obtient le cylindre alimentaire net de toute souillure terreuse.

Cela fait, informons-nous de l'œuf, car cette pâtisserie a été évidemment préparée en vue d'une larve. Guidé par ce que m'avaient appris autrefois les Géotrupes, qui logent l'œuf au bout inférieur de leur boudin, dans une niche spéciale ménagée au sein même des vivres, je m'attendais à trouver celui du Minotaure, leur proche allié, dans une chambre d'éclosion, tout au bas de la saucisse. Eh bien ! l'œuf cherché n'y est pas ; il n'est pas même en un point quelconque des victuailles.

Des recherches hors de la saucisse me le montrent enfin. Il est au-dessous des provisions, dans le sable même, tout dépourvu des soins méticuleux où les mères excellent. Il y a là, non une cellule à parois lisses, comme semblerait en réclamer le délicat épiderme du nouveau né, mais une anfractuosité rustique, résultat d'un simple éboulis plutôt qu'ouvrage d'industrie maternelle. En cette rude couchette, à quelque distance des vivres, le ver doit éclore. Pour atteindre le manger, il lui faudra faire crouler et traverser un plafond de sable de quelques millimètres d'épaisseur. En vue de ses fils, la mère Minotaure

est experte dans l'art des saucisses, mais elle ignore à fond les tendresses du berceau.

Désireux d'assister à l'éclosion et de suivre la croissance du ver, j'installe mes trouvailles en des loges où sont reproduites, du mieux possible, les conditions naturelles. Un tube de verre, fermé d'un bout, reçoit d'abord une couche de sable frais qui représentera le sol d'origine. A la surface de ce lit est déposé l'œuf. Un peu du même sable forme le plafond que le nouveau-né doit traverser pour atteindre les vivres. Ceux-ci ne sont autres que la saucisse réglementaire, expurgée de son écorce terreuse. Quelques coups de refouloir ménagés lui font occuper la largeur disponible. Enfin un tampon d'ouate, bien humecté mais non ruisselant, achève de remplir le logis. Ce sera la source d'une humidité permanente, conforme à celle des profondeurs où la mère établit sa famille ; les vivres seront de la sorte maintenus souples, tels que les exige le jeune consommateur.

Cette souplesse du manger et la sapidité qu'amène la fermentation à la faveur de l'humide, ne sont probablement pas étrangères à l'instinct des fouilles profondes, lors de la nidification. Que veulent en réalité les parents, dans leur forage énorme de profondeur ? Creusent-ils dans le but de leur propre bien-être ? Descendent-ils si bas afin d'y trouver température et fraîcheur agréables lorsque séviront les torridités estivales ?

En aucune manière. Robustes de tempérament et amis des caresses du soleil non moins bien que les autres insectes, ils n'ont pour demeure l'un et l'autre, tant que le ménage n'est pas fondé, qu'un chalet médiocre, en bonne exposition. Les rudesses de l'hiver ne leur imposent pas même de meilleur abri. A l'heure des nids, c'est une autre affaire. Ils plongent dans le sol et s'exténuent en fouilles illimitées. Pourquoi ?

Parce que la prospérité de la larve exige nourriture souple et de digestion aisée. Éclose au mois de juin, elle

doit trouver sous la dent des vivres tendres lorsque les chaleurs de l'été cuisent le sol comme brique. La menue saucisse, à la profondeur d'un empan ou deux, deviendrait chose racornie, immangeable ; le ver périrait incapable de mordre sur la dure pièce. Il importe donc que les victuailles soient descendues en cave, à des profondeurs où les plus violents coups de soleil n'amènent jamais la dessiccation.

Les divers bousiers s'adressent tous à des matériaux récents, doués en plein de leurs vertus sapides et plastiques. A ce goût du souple, le Minotaure fait une étrange exception : il lui faut du vieux, de l'aride. Dans mes volières non plus que dans les champs, je ne le vois jamais cueillir les pilules d'émission récente ; il les veut boucanées par une longue exposition aux rayons du soleil.

Mais pour convenir au ver, délicat gourmet, le mets doit se mijoter au moins quatre semaines, se bonifier par la fermentation dans un milieu saturé d'humidité. A l'aride pain de foin succède ainsi la brioche ; à la grossière saucisse, l'onctueux cervelas. Comme laboratoire du manger des fils s'impose donc une officine très profonde où la sécheresse de l'été jamais ne pénètre, si longtemps qu'elle se prolonge. Là s'assouplissent, au degré voulu, là prennent saveur des rogatons qu'aucun autre membre de la corporation stercoraire ne s'avise d'utiliser, faute d'un atelier de ramollissement. Le Minotaure en a le monopole, et pour bien s'acquitter de sa mission, il a l'instinct des sondages énormes. L'aridité des victuailles a fait du bousier à trident un puisatier hors ligne. Un croûton a décidé de ses talents.

Autrefois, les Géotrupes, cousins du Minotaure, me valaient une délicieuse rareté : la longue association à deux, le vrai ménage travaillant de concert au bien-être des fils. D'un même zèle, Philémon et Baucis, comme je les appelais alors, préparaient le gîte et les vivres des jeunes. Philémon, plus vigoureux, comprimait les con-

serves sous la poussée de ses brassards cataleptiques ; Baucis exploitait le monceau de la surface, choisissait le meilleur et descendait par brassées de quoi continuer l'énorme saucisson. C'était superbe ; le père faisant fonction de compresseur et la mère épluchant.

Un nuage jetait de l'ombre sur l'exquis tableau. Mes sujets occupaient une volière où toute visite exigeait, de ma part, une fouille, discrète il est vrai mais suffisante pour effrayer les travailleurs et les immobiliser. Prodigue de patience et d'épreuves, j'obtenais de la sorte une série d'instantanées que la logique des choses, délicat cinématographe, assemblait après en scène vivante. Je désirais mieux, j'aurais voulu suivre le couple en action continue, du commencement à la fin de l'ouvrage. Je dus y renoncer, tant il me parut impossible d'assister, sans fouilles perturbatrices, aux mystères du sous-sol.

Aujourd'hui me revient l'ambition de l'impossible. Le Minotaure s'annonce comme un émule des Géotrupes ; il paraît même leur être supérieur en qualités familiales. Je me propose d'en surveiller les actes sous terre, à la profondeur d'un mètre et davantage, tout à mon aise, sans distraire en rien l'insecte de ses occupations. Il me faudrait ici le regard du Lynx, capable, dit-on, de sonder l'opaque, et je n'ai que l'ingéniosité pour essayer de voir clair dans le ténébreux.

La direction du terrier me fait déjà entrevoir que mon projet n'est pas tout à fait insensé. En ses fouilles de nidification, s'il ne rencontre pas l'obstacle d'une pierre, le Minotaure descend toujours suivant la verticale; le fil à plomb n'est guère plus fidèle aux règles de la pesanteur. S'il opérait à l'aventure, en des voies désordonnées, l'excavateur exigerait un sol illimité, hors de proportion avec les moyens dont je dispose. Son invariable verticale m'avertit que je n'ai pas à me préoccuper de la masse sablonneuse, mais uniquement de la profondeur de la

couche. Dans ces conditions, l'entreprise ne me semble pas déraisonnable.

J'ai de fortune un gros tube de verre détourné de la chimie et mis au service de l'entomologie. La longueur en est d'un mètre environ, et le calibre de trois centimètres. Tenu vertical, il suffira au terrier du Minotaure. Je le ferme d'un bout avec un bouchon ; je le remplis d'un mélange de sable et de terre argileuse fraîche, mélange que je tasse par couches avec une baguette de fusil. Cette colonne sera le terrain livré au travail du fouisseur. Mais il faut le tenir d'aplomb et le compléter avec divers accessoires nécessaires à son bon fonctionnement.

A cet effet, trois bambous sont implantés dans la terre d'un grand pot à fleurs. Assemblés au sommet, ils forment un trépied, charpente de soutien pour tout l'édifice. Au centre de la base triangulaire le tube est dressé. Une terrine dont j'ai percé le fond, reçoit l'embouchure du tube, débordant un peu. Ainsi, autour de l'orifice du puits, sera représentée l'aire où l'insecte pourra librement vaquer à ses affaires, soit pour rejeter les déblais de sa galerie, soit pour cueillir les vivres environnants. Enfin une cloche de verre enchâssée dans la terrine, prévient l'évasion et conserve l'humidité nécessaire.

Le diamètre du tube est environ le double de celui du terrier naturel. S'il creuse suivant l'axe, l'insecte a donc au delà du large voulu, et obtiendra un canal revêtu de partout d'une paroi de sable de quelques millimètres d'épaisseur. Il est à présumer cependant que le fouisseur, étranger aux précisions géométriques, et ignorant les conditions qui lui sont faites, ne tiendra pas compte de l'axe, s'en détournera, soit d'un côté soit de l'autre. En outre, le moindre surcroît de résistance dans le milieu traversé le fera dévier un peu tantôt par ici et tantôt par là. Alors, en divers points, la paroi de verre sera totalement dénudée ; il s'y formera des fenêtres, des jours, sur lesquels

je compte pour me rendre l'observation possible, mais qui seront odieux au travailleur, ami de l'obscur.

Pour me réserver ces fenêtres et les épargner à l'insecte, j'enveloppe le tube de quelques étuis de carton, qui peuvent glisser à frottement doux et rentrer l'un dans l'autre. Avec ce dispositif, aux moments requis et sans distraire l'insecte de son ouvrage, je peux, tour à tour, d'un simple coup de pouce, obtenir le jour pour moi, l'obscurité pour lui. La disposition des étuis mobiles, s'élevant ou s'abaissant, permet l'examen du tube d'un bout à l'autre à mesure que les accidents du forage ouvrent des fenêtres nouvelles.

Vers la fin de mars, j'exhume un couple au moment où commencent les grandes fouilles de la nidification. Je l'établis dans mon appareil. Au cas où des vivres seraient nécessaires comme réconfort pendant le laborieux forage du puits, quelques crottins de mouton sont déposés sous la cloche, à proximité de l'orifice du tube. Peu après leur installation, les captifs, remis de leur émoi, vaillamment travaillent. Comme je le prévoyais, la fouille est excentrique, ce qui amène dans la paroi sablonneuse quelques vides où le verre est à nu. Ces lucarnes ne sont pas des plus nettes; néanmoins, sous une incidence favorable de la lumière, elles me permettent de suivre les curieuses choses qui se passent dans le tube.

Je revois à loisir et d'une façon durable ce que l'exténuante visite des terriers naturels m'avait appris par rares et brèves apparitions. La mère est toujours en avant, à la place d'honneur, dans la cuvette d'attaque. Seule, de son chaperon elle laboure; seule, de la herse de ses bras dentés elle râtisse, elle fouit, non relayée par son compagnon. Le père est toujours en arrière, fort occupé lui aussi, mais d'une autre besogne. Sa fonction est de véhiculer au dehors les terres abattues et de faire place nette à mesure que la fouisseuse approfondit la galerie.

Son travail de manœuvre n'est pas petite affaire ; nous

pouvons en juger par la taupinée qu'il élève au-dessus du terrier. C'est un volumineux monceau de bouchons de terre, de cylindres mesurant la plupart un pouce de longueur et d'un calibre égal à celui du terrier. Cela se voit au seul examen des pièces : le déblayeur opère par blocs. Il ne transporte pas miette à miette les produits de l'excavation comme le font les fourmis ; il les expulse par agglomérés énormes.

Il se tient aux talons de la fouisseuse, ramenant par brassées devers lui les terres remuées. Il les pétrit, il les amalgame en un tampon. Puis, le trident enfoncé dans le paquet ainsi qu'une fourche dans la botte de foin que l'on monte au grenier, les pattes antérieures retenant le fardeau et l'empêchant de s'émietter, les quatre autres convulsées sur la paroi, il pousse de toute son énergie. Et cela s'ébranle, et cela monte, très lentement il est vrai. Le bloc atteint l'embouchure. Une dernière poussée le culbute sur la pente.

Ce travail dure près d'un mois, et pendant cette longue période de grande fatigue, les deux collaborateurs ne prennent aucune réfection. J'avais servi au début, comme provision, dix pilules répandues à la surface. Je les retrouve à la fin intactes et en même nombre. Les insectes n'y ont absolument pas touché. Pour un labeur bien moins pénible, il faut aux paysans mes voisins, âpres remueurs de terre, quatre repas par jour. Ah ! que le Minotaure leur est supérieur ! Un mois durant et plus, sans nourriture aucune, il accomplit besogne exténuante, toujours vigoureux, toujours dispos.

Enfin le terrier est prêt. L'heure est venue d'y établir la famille. J'en suis averti par la sortie du père qui, pour la première fois, émerge et vient au grand jour. Il explore, très affairé, l'aire de la terrine. Que cherche-t-il ? Apparemment des vivres pour la nitée prochaine. C'est pour moi le moment d'intervenir.

Afin de rendre l'observation aisée, je fais place nette,

je déblaie le local de sa taupinée de sable sous laquelle sont ensevelies les victuailles servies au début et non employées. Je les remplace par douze pilules nouvelles. D'autres viendront plus tard, à mesure qu'il en sera besoin.

Le résultat de ces préparatifs ne se fait guère attendre. Le soir même, me tenant au guet à distance, je surprends le père qui sort de chez lui. Il va aux pilules, en choisit une à sa convenance ; à petits coups de boutoir, il la fait rouler ainsi qu'un tonnelet. Je m'approche doucement afin de mieux voir la manœuvre. Aussitôt l'insecte, timide à l'excès, abandonne sa pièce et plonge dans le puits. Il m'a vu, le méfiant ; il s'est aperçu de quelque chose d'énorme et de suspect se mouvant à proximité. C'est plus qu'il n'en faut pour l'inquiéter et lui faire suspendre la récolte. Il ne reparaîtra que lorsque sera revenue tranquillité parfaite.

Me voilà averti : patience et discrétion extrêmes me sont imposées si je veux assister à la collecte des vivres. Je me le tiens pour dit ; je suis discret et patient. Les jours suivants, à des heures diverses, je recommence mes tentatives, si bien que le succès me dédommage de mes guets assidus.

Je vois et je revois le Minotaure en tournée de récolte. C'est toujours le mâle, et le mâle seul, qui sort et vient aux vivres. La mère au grand jamais ne se montre, retenue qu'elle est au fond du terrier par d'autres occupations. Les apports se font avec parcimonie. Là-bas dessous, paraît-il, les apprêts culinaires sont de minutieuse lenteur. Il faut donner le temps à la ménagère d'élaborer les pièces descendues avant d'en amener d'autres qui encombreraient l'officine et gêneraient la manipulation. En dix jours, à partir du 13 avril, date de la première sortie du mâle, je relève l'emmagasinement de vingt-trois pilules.

Essayons d'entrevoir dans l'intimité les actes du ménage. Le père sort, choisit une pilule dont la longueur

est légèrement supérieure au diamètre du puits. Il l'achemine vers l'embouchure, soit à reculons en l'entraînant avec les pattes antérieures, soit de façon directe en la faisant rouler à coups de chaperon. Arrivé au bord de l'orifice, va-t-il, d'une dernière poussée, précipiter la pièce dans le gouffre ? Nullement ; il a des projets non compatibles avec une brutale chute.

Il entre, enlaçant des pattes la pilule qu'il a soin d'introduire par un bout. Parvenu à une certaine distance du fond, il lui suffit d'obliquer légèrement la pièce pour que celle-ci, à raison de l'excès d'ampleur de son grand axe, trouve appui par ses deux extrémités contre la paroi du canal. Ainsi s'obtient une sorte de plancher temporaire apte à recevoir la charge de trois ou quatre pilules. Le tout est l'atelier où va travailler le père, sans dérangement aucun pour la mère, occupée elle-même en dessous; c'est le moulin d'où va descendre la semoule destinée à la confection du gâteau.

Le meunier est bien outillé. Voyez son trident. Sur le corselet, solide base, se dressent trois épieux, les deux latéraux longs, le médian court, tous les trois dirigés en avant. A quoi bon cette machine ? On n'y verrait d'abord qu'une parure, qu'un atour de la coquetterie masculine, comme la corporation des bousiers en porte tant d'autres, de forme très variée. Or c'est ici mieux qu'un ornement ; aux élégances de la parure, le Minotaure adjoint l'utile.

Les trois pointes inégales décrivent un arc concave dans lequel peut s'engager la rotondité d'un crottin. Sur son incomplet et branlant plancher où la station exige l'emploi des quatre pattes d'arrière appuyées sur la paroi du canal, comment fera l'insecte pour maintenir fixe sa glissante olive et la fragmenter ? Voyons-le à l'œuvre. Se baissant un peu, il implante sa fourche dans la pièce, dès lors immobilisée, prise qu'elle est dans la lunule de l'outil. A la faveur de cette espèce d'étau, les pattes antérieures sont libres ; de leurs brassards à dentelures,

elles peuvent scier le morceau, le dilacérer, le réduire en parcelles, qui tombent à mesure par les vides du plancher, et arrivent là-bas à la mère.

Ce qui descend de chez le meunier, n'est certes pas une farine passée au blutoir, mais bien une grossière semoule, mélange de débris poudreux et de morceaux à peine concassés. Si incomplète qu'elle soit, cette trituration préalable sera d'un grand secours pour la mère, en méticuleux travail de panification ; elle abrégera l'ouvrage, elle permettra la rapide séparation du médiocre et de l'excellent. Lorsque, à l'étage d'en haut, tout est trituré, même le plancher, le meunier cornu remonte à l'air libre, fait nouvelle récolte et recommence, tout à loisir, sa besogne d'émiettement.

La boulangère, de son côté, n'est pas inactive en son officine. Elle cueille les lopins pleuvant autour d'elle, les subdivise davantage, les affine, en fait triage, ceci plus tendre pour la mie centrale, cela plus coriace pour la croûte de la miche. Virant d'ici, virant de là, elle tapote la matière avec les battoirs de ses bras aplatis ; elle dispose par couches, comprimées après à l'aide d'un piétinement sur place, pareil à celui du vigneron foulant sa vendange. Rendue ferme et compacte, la masse deviendra de meilleure conservation. En dix jours environ de soins combinés, le ménage obtient enfin le long pain cylindrique. Le père a fourni la mouture, la mère a pétri.

Le 24 avril, tout étant bien en ordre, le mâle sort du tube de l'appareil. Il erre sous la cloche, insoucieux de ma présence, lui si craintif d'abord et plongeant dans le puits dès qu'il m'apercevait. Le manger lui est indifférent. Quelques pilules restent à la surface. A tout instant il les rencontre ; il passe outre, dédaigneux. Il n'a qu'un désir, s'en aller au plus vite. Cela se voit à ses inquiètes marches et contremarches, à ses continuels essais d'escalade contre la muraille de verre. Il culbute, se remet sur pieds, indéfiniment recommence, oublieux du terrier, où jamais

plus il ne rentrera. Je laisse le désespéré s'exténuer vingt-quatre heures en vaines tentatives d'évasion.

Venons à son aide maintenant, donnons-lui la liberté. Mais non : ce serait le perdre de vue et ignorer le but de son agitation. J'ai une volière très vaste et inoccupée. J'y loge le Minotaure ; il y trouvera ampleur d'espace pour l'essor ; de plus, victuailles choisies et rayon de soleil, s'il a besoin d'un cordial après tant de fatigues. Le lendemain, malgré tout ce bien-être, je le trouve affalé sur l'échine et les pattes raidies. Il est mort.

Le vaillant, une fois ses devoirs de père de famille bien remplis, se sentait défaillir, et telle était la cause de son agitation. Il voulait aller mourir à l'écart, bien loin, pour ne pas souiller la demeure d'un cadavre et troubler la veuve dans la suite des affaires. J'admire cette stoïque résignation de la bête.

Si c'était là un fait isolé, fortuit, conséquence peut-être d'une installation défectueuse, il n'y aurait pas lieu d'insister sur le trépassé de mon appareil ; mais voici qui aggrave la chose. Dans la campagne, aux approches de mai, il m'arrive fréquemment de rencontrer des Minotaures desséchés au soleil ; et ces défunts sont des mâles, toujours des mâles, à de bien rares exceptions près.

Une autre donnée, très significative, m'est fournie par une volière où j'ai essayé d'élever l'insecte à bien des reprises. La couche de terre, d'une paire d'empans d'épaisseur, n'est pas assez profonde, et les internés ont refusé d'y nidifier. Les autres travaux, d'usage courant, s'y accomplissaient suivant les règles. Or voici qu'à partir de la fin d'avril, les mâles remontent à la surface, maintenant l'un, plus tard tel et tel autre. Une paire de jours, ils errent sur le treillis, désireux de s'enfuir. Enfin ils tombent, se couchent sur le dos et doucement se laissent mourir. Ils sont tués par l'âge, inexorable épidémie.

Dans la première semaine de juin, je fouille de fond en comble le sol de la volière. Des quinze mâles que j'avais

au début, il ne m'en reste plus un. Tous ont péri ; seules, les femelles persistent. La dure loi est donc formelle : après avoir collaboré de ses râteaux et de sa hotte au long forage du puits, après avoir trituré la semoule de la première galette, le laborieux encorné doit trépasser au loin, hors du logis.

Avant d'abandonner le défunt, récapitulons ses mérites. Lorsque s'approche la fin de l'hiver, il fait choix d'une compagne, s'enterre avec elle et désormais lui reste fidèle. Malgré ses fréquentes sorties et les rencontres qui peuvent en résulter, il tient pour indissolubles les liens matrimoniaux. D'un zèle que rien ne lasse, il vient en aide à la fouisseuse, éminemment casanière. Un mois durant et plus, il charge les déblais sur sa hotte fourchue ; il les refoule au dehors, toujours patient, non découragé par la rude escalade, si fréquemment recommencée. Il laisse à la mère le travail modéré des fouilles ; il garde pour lui le plus pénible, l'exténuant charroi dans une étroite galerie très longue et verticale.

Puis le manœuvre terrassier se fait récolteur de victuailles ; il va aux provisions, il cueille de quoi nourrir la famille. Pour faciliter l'ouvrage de sa compagne, qui choisit, stratifie et comprime les conserves, il change encore de métier et devient triturateur. A quelque distance du fond, sur une estrade temporaire, il concasse, il émiette les pilules qu'a durcies le soleil ; il en fait farine qui pleut à mesure dans la boulangerie maternelle. Finalement, épuisé d'efforts, il quitte le logis et va mourir à l'écart, en plein air. Vaillamment il a rempli ses devoirs de père de famille ; il s'est dépensé sans réserve pour le bien-être des siens.

Si de telles choses se passaient, non dans le monde des bousiers, mais dans le nôtre, nous dirions que c'est de la morale, et de la belle morale. L'expression serait déplacée. La bête n'a pas de morale. L'homme seul la connaît, l'améliorant à mesure que le renseignent les lentes éclair-

cies de la conscience, ce délicat miroir où se concentre ce qu'il y a de mieux en nous.

Oui, au milieu de l'indifférence générale du père pour ses fils, le Minotaure est, à l'égard des siens, d'un zèle bien étonnant. Oublieux de lui-même, non séduit par les ivresses du printemps, alors qu'il ferait si bon voir le pays, banqueter avec ses confrères et lutiner les voisines, opiniâtrement il travaille sous terre, il s'exténue pour laisser un avoir à sa famille. Enfin épuisé, il quitte la fabrique de conserves, il s'en va mourir à l'écart en laissant la mère continuer seule les affaires de la maison. Lorsqu'il raidit pour la dernière fois ses pattes, celui-là peut se dire : j'ai fait mon devoir.

Or, d'où sont venues à ce laborieux telle abnégation et telle ferveur pour le bien-être des fils ? On nous dit qu'il les a acquises par un lent progrès du médiocre au meilleur, du meilleur à l'excellent. Des circonstances fortuites, aujourd'hui contraires, demain favorables, ont été ses maîtres. Il a appris par expérience ; il évolue, progresse, s'améliore.

Dans son étroite cervelle de bousier, les leçons du passé laissent empreintes durables qui, mûries par le temps, germent en actes mieux combinés. Le besoin est le suprême inspirateur des instincts. Aiguillonné par la nécessité et tiraillé en sens divers dans le conflit perpétuel des choses, l'animal est lui-même son ouvrier ; par ses propres énergies d'évolution, il s'est fait tel qu'il nous est connu. Ses mœurs, ses aptitudes, ses industries, sont les intégrales d'infiniment petits acquis sur la route de l'insondable durée.

Ainsi dit la théorie. Les faits interviennent alors et soumettent la difficulté suivante. Le gâteau que vient de boulanger la collaboration du couple est la ration d'un ver, absolument d'un seul. Il en faut au moins deux pour que la race se perpétue l'an prochain. A coup sûr, il doit même y en avoir davantage, car sont à prévoir des acci-

dents causes de mortalité. Il importe qu'il y en ait le plus possible afin que la race devienne nombreuse et gagne en prospérité.

Or, qu'arrive-t-il? Il arrive qu'une fois le premier gâteau préparé, le père quitte le terrier. Le mitron abandonne la boulangère et va trépasser au loin. La ponte n'étant pas terminée, la survivante doit désormais continuer l'ouvrage, sans aide. Le profond terrier, si dispendieux de temps et de fatigue, est prêt, il est vrai ; est prête aussi la ration du premier-né de la famille ; mais il reste à pourvoir les suivants, qu'il serait avantageux d'élever en aussi grand nombre que possible. L'établissement de chacun nécessite que la mère, sédentaire jusque-là, sorte fréquemment du logis. La casanière se fait quêteuse de vivres ; elle va cueillir les pilules dans le voisinage, les roule vers le puits, les emmagasine, les triture, les pétrit, les empile en cylindres.

Et c'est en ce moment de fébrile activité que le père abandonne sa compagne ! Il donnera pour excuse l'âge, la décrépitude. Ce n'est pas le vouloir qui lui manque, c'est la force. Ses jours sont comptés. Se sentant défaillir, il se retire à regret.

On pourrait lui répondre : puisque d'un petit progrès à l'autre, à travers les siècles, l'évolution t'a fait inventer d'abord le ménage, incomparable trouvaille, puis la crypte profonde, favorable au bon état des conserves pendant les chaleurs de l'été, la trituration, qui assouplit et dompte l'aride, la mise en saucisse où la matière fermente et se bonifie, cette même évolution, qu'on dit capable de tant de merveilles, ne pouvait-elle t'enseigner aussi à prolonger ta vigueur de quelques semaines ? A l'aide d'une sélection sévère des mieux constitués, l'affaire paraît toute simple.

Elle qui t'a instruit, dit-on, dans ton art difficile, t'a laissé cependant ignorer un détail très important et d'exécution aisée. Pourquoi ? Apparemment parce qu'elle ne

t'a rien appris du tout, ni ménage, ni collaboration à deux, ni terrier, ni boulangerie. Ton évolution est permanence. Tu t'agites dans un cercle de rayon inextensible. Tu es et tu resteras ce que tu étais quand fut emmagasinée la première pilule.

Cela n'explique rien. D'accord. Nous touchons à la falaise de l'inconnaissable. Sur cette falaise devrait se graver ce que le Dante met sur la porte de son Enfer : *lasciate ogni speranza !* Oui, nous tous qui, dressés sur un atome, nous figurons monter à l'assaut de l'univers, laissons ici l'espérance. Le sanctuaire des origines ne s'ouvrira pas.

J.-H. Fabre.

LA FORÊT

GAULOISE, FRANQUE ET FRANÇAISE

De même que l'économie générale d'un peuple est fatalement liée à l'histoire de ce peuple, ainsi l'économie spéciale d'un des éléments importants de son bien-être et de sa richesse est non moins nécessairement liée à l'histoire de cet élément. En exposant naguère, ici-même, l'*Utilité économique et physique des Forêts* (1), nous avons laissé de côté leur histoire dans le pays de France ; c'est cette histoire qu'il s'agit aujourd'hui d'esquisser.

Notre guide, dans l'article précité, avait été le tome Ier d'un important ouvrage dû à un auteur à la fois praticien, savant et érudit (2). Il le sera encore. Point exclusivement toutefois ; de temps à autre il nous arrivera de recourir à d'autres sources, sans d'autre part nous astreindre à suivre l'ordre adopté par l'auteur ; et comme c'est le droit, en même temps l'honneur, de quiconque tient une plume, de conserver la liberté de ses appréciations, les nôtres s'écarteront parfois de celles de l'éminent écrivain. Dans une étude de ce genre, comme le côté technique est fréquemment mêlé à l'histoire générale, les points de vue peuvent différer d'auteur à auteur dans les détails de cet ordre.

(1) Rev. Quest. scient., juillet 1905.

(2) *Economie forestière*, par G. Huffel, inspecteur des Eaux et Forêts, professeur à l'École forestière de Nancy. 3 vol. gr. in-8°. — Paris, Laveur.

D'ailleurs, bien d'autres questions seraient encore à traiter et pourraient faire l'objet de nouvelles études avant que soit épuisé le vaste sujet abordé par l'auteur avec une si haute compétence. Le mouvement commercial des bois, la statistique forestière, la dendrométrie ou art d'apprécier exactement le volume des bois suivant les diverses destinations auxquelles ils sont propres ; l'examen analytique de la formation du produit de la forêt ; l'estimation des bois en fonds et superficie, l'aménagement : autant de questions qui prêteraient à d'intéressants développements.

Pour aujourd'hui, nous nous bornerons aux points suivants :

Description comparative des forêts actuelles avec les immenses surfaces de jadis dont elles sont les débris.

Exposé des vicissitudes qu'a traversées le sol boisé, en France, à toutes les époques.

Aperçus historiques de la gestion générale des forêts pendant le moyen âge et jusqu'à Henri IV, sous l'Ancien Régime, et de la Révolution jusqu'à la fin du second Empire.

Enfin quelques données sur le cas particulier des forêts communales et des forêts privées.

I

LES DÉBRIS DES ANTIQUES FORÊTS GAULOISES

On peut admettre qu'à l'époque où Jules César pénétra dans les Gaules, la moitié au moins de cette vaste contrée était couverte par la végétation forestière, les parties défrichées et sédentairement habitées étant d'ailleurs fort irrégulièrement réparties, et se rencontrant principalement dans les vallées des grands cours d'eau.

Au delà, l'immense forêt Hercynienne (*Saltus hyrceni-*

cus), dont les forêts de la région appelée Forêt-Noire ne sont que de faibles lambeaux (1), n'était séparée que par le Rhin du massif qui couvrait les Ardennes et faisait corps avec celui des Vosges dont nous parlerons tout à l'heure.

Les forêts actuelles de MORMAL (10 000 hectares) et de SAINT-AMAND (5000 hectares), de CRÉCY et autres en Picardie ; la belle forêt de SOIGNES près de Bruxelles, et cette autre, à l'État français, de SIGNY L'ABBAYE à sept ou huit lieues à l'ouest de Mézières (3200 hectares), sont les restes d'une vaste masse boisée à laquelle on donnait, aux temps mérovingiens, le nom de *Carbonaria Sylva*. L'espèce de presqu'île formée par la Seine et la Marne entre le plateau de Langres et Paris, était couverte et débordée par une voûte feuillée qui comprenait les forêts de PERTH et de DERS près de Vitry et de Vassy ; la *Sylva major* dans la plaine de Châlons (Champs catalauniques), où Attila fut vaincu par Aétius ; le *Saltus Rigetius* (pays de Reims) ; l'*Otta Usta Sylva* couvrant toute la Champagne méridionale.

Leurs derniers débris sont aujourd'hui représentés par les montagnes de Reims et les forêts de SÉNART en Seine-et-Oise (2500 hectares, à l'État), d'ARMAINVILLIERS en Seine-et-Marne (8000 hectares, à divers), de FONTAINEBLEAU (2)

(1) D'après Jules César, le *Saltus Hercynius*, « l'Ardenne de l'Allemagne », dit Alfred Maury, s'étendait des limites des Helvètes, des Némètes et des Rauraques (ce qui correspond assez bien aux sources et hauts bassins du Rhône et du Rhin) jusqu'à la Dacie, c'est-à-dire jusqu'aux côtes occidentales de la mer Noire (Cf. J. César : *De bello gallico*, lib. VI, cap. XXV ; et Alfred Maury : *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*.

(2) Nous avons dit naguère (REV. QUEST. SCIENT., juillet 1903) que la forêt de Fontainebleau remontait seulement au Xe siècle, commencée par les soins du roi de France Robert Ier. La contradiction n'est qu'apparente. Avant l'occupation romaine, le pays de Fontainebleau faisait partie des *Marches* boisées qui séparaient les Sénones des Carnutes et qui constituaient pour les Gaulois un bien commun. Par la suite, ces Marches subirent les vicissitudes diverses nées de la domination romaine, des invasions du Ve siècle et des dynasties mérovingienne et carolingienne. Lors de l'établissement de la féodalité, l'ancienne Marche indivise fut partagée en divers fiefs ressortissant soit à la mouvance de Moret, soit à celle de Melun. Le roi Robert acheta le comté de Melun ainsi que les fiefs de plusieurs seigneurs

(16 900 hectares (1), à l'État) et d'Othe (État, communes et divers), entre Joigny et Troyes.

D'autre part, le groupe montagneux des Vosges que revêt aujourd'hui une sapinière de 80 kilomètres de long sur 8 à 15 de large, et « d'une contenance de 80 000 hectares presque d'un seul tenant » (2), faisait corps au nord et à l'ouest avec la *Carbonaria*, tandis qu'elle confinait au sud avec les croupes et plateaux boisés de la chaîne du Jura formant le vaste *Saltus Sequanus*, où l'on trouve encore aujourd'hui les beaux massifs résineux de La Joux, dans le département du Jura, aux confins du Doubs, et de Levier dans le Doubs, couvrant chacun une surface de 2600 à 2700 hectares, mais remarquables surtout par la beauté de la végétation, la régularité des peuplements et les magnifiques dimensions des arbres (3). Contraste remarquable avec les peuplements forestiers des Ardennes, réduits à de maigres taillis simples sur de froids et marécageux plateaux de l'ère primaire (4).

des environs, notamment dans les bois dits de *Bierce* où il aimait à chasser, et constitua ainsi peu à peu le domaine royal qui devint la forêt de Fontainebleau (Cf. L'*Histoire de ta forêt de Fontainebleau*, par Paul Domet, sous-inspecteur des forêts, chap. 1er. Paris, Hachette, 1873).

(1) 17 104 hectares, d'après l'*Histoire* précitée. Mais, dans cette contenance étaient compris les chemins publics, dont le nombre s'est sensiblement accru depuis lors. D'autre part, sont en dehors de ce chiffre les chemins de fer, l'aqueduc de la Vanne, les maisons forestières avec le terrain affecté à chacune d'elles et enfin le cimetière de la ville *(Hist. for. de Fontainebleau*, p. 39).

(2) Huffel, *loc. cit.*, p. 349.

(3) Dans le Bulletin de Sylviculture (Revue des recueils périodiques) de ce recueil, livraison de janvier 1905, nous avons signalé les dimensions surprenantes d'un sapin récemment abattu dans la forêt de Levier et que, vu sa supériorité sur ses voisins, on avait surnommé *Le Président*. M. Huffel donne les dimensions exactement mesurées d'un autre sapin non moins remarquable, situé dans la forêt de La Joux et encore sur pied. La hauteur totale en est de 49 mètres, dont 28 de fût propre au bois d'œuvre ; son diamètre à hauteur d'homme est de $1^{m},52$, et, pris au milieu de la longueur du fût ($24^{m},50$), de $1^{m},10$. M. Huffel lui attribue un volume de 50 mètres cubes dont 45 en bois d'œuvre ; il ajoute : « Cet arbre était encore vigoureux il y a quelques années. Il est entouré de plusieurs autres qui l'égalent presque en dimensions. » *(Loc. cit.*, p. 353).

(4) Huffel, *toc. cit.*, p. 344.

Les bois et forêts qui font le charme des plaines des environs de Paris : CHANTILLY, donné à l'État sous le vocable de l'Institut par Mgr le duc d'Aumale et formant avec les forêts domaniales d'ERMENONVILLE et d'HALATTE une couronne verdoyante de 10 000 hectares autour de Senlis (1) ; SAINT-GERMAIN, MARLY, MEUDON, les bois de BOULOGNE et de VINCENNES ; celui de CHAILLOT, du celtique *Chall* qui signifie *renversement* et dont proviendrait le terme de *chablis* pour désigner les arbres renversés ou brisés par le vent (2) ; RETZ, avec ses 13 000 hectares environnant Villers-Cotterets, et sa voisine étendant entre celle-ci et la ville de COMPIÈGNE ses 15 000 hectares que renforcent de près de 5000 autres hectares LAIGNE et OURSCAMP ; SAINT-GOBAIN et COUCY comprenant ensemble 7000 hectares sans compter les bois particuliers faisant corps avec elles ; les uns et les autres, débris des anciennes *sylvæ* gallo-romaines *Vernensis* et *Selvensis;* toutes ces vastes étendues ne sont plus que des tronçons de l'immense *Cotia sylva* ou Forêt *Cuise* qui, aux temps gallo-romains, couvrait la contrée tout entière et confinait, au nord-est, à la *Carbonaria*. C'est dans cette masse ininterrompue que les légions romaines purent cheminer plusieurs semaines sans trouver la lisière.

Entre la Seine et la Loire moyenne, dans les bassins de ces deux fleuves et de leurs affluents, nommons encore les forêts de LYONS aux hêtres séculaires, d'EAWY, de ROUMARE, de BROTONNE, de CONCHES et de BRETEUIL formant un ensemble de 15 000 hectares ; celles de SENONCHES, de DREUX, de RAMBOUILLET, d'ANDAINE, d'ÉCOUVES et surtout de BELLÊME dans le Perche (débris de la *Sylva pertica*), l'une des plus belles de la France actuelle, encore que d'une étendue relativement médiocre

(1) Senlis, en latin *Sylvanectum* (Alfred Maury, *Les Forêts de la Gaule).*
(2) A. Ysabeau, dans les ANNALES FORESTIÈRES, 1854 : *Les Forêts du Globe.*

(2240 hect.), mais remarquable par la riche végétation de ses peuplements de chêne rouvre et de hêtre. Il convient de mentionner également la forêt de Blois, à 3 kilomètres du château de ce nom, mais qui s'étendait au XVIe siècle encore jusqu'à ses portes : avec celles de Bercé, de Bussy et de Loches, elle représente le paradis du chêne qui y croît avec une vigueur extraordinaire, et y forme les plus belles futaies qu'on puisse voir.

La forêt d'Orléans est surtout remarquable par son étendue qui n'est pas inférieure à 40 000 hectares, dont plus des trois quarts à l'État. Aux Ve et VIe siècles, où d'importants défrichements avaient déjà livré à la culture bon nombre des massifs forestiers d'antan, la forêt qui entourait *Genabum* (1) ne comptait pas moins encore de 140 500 hectares (2), formant, il est vrai, une seule masse avec la primitive forêt de Fontainebleau. Telle qu'elle est aujourd'hui, la forêt d'Orléans, dans laquelle les résineux (pin sylvestre) ne comptent que pour les trois dixièmes du peuplement, est, dit M. Huffel, « le plus grand massif feuillu existant en France ». Elle forme, avec la forêt de Montargis, ce qui nous reste de l'immense *Sylva Leodica* gallo-romaine.

Tout cet ensemble représente une surface boisée de 185 000 kilomètres carrés.

Dans la région comprenant la Normandie occidentale, la Bretagne, l'Anjou, le Poitou, la Saintonge, la Marche et le Limousin, on compte ensemble 8180 kilomètres carrés de forêts appartenant pour 7670 à des particuliers,

(1) Nom romain de la ville d'Orléans, d'après la plupart des auteurs et notamment Alfred Maury : *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*. — L'auteur d'un ouvrage sur *Les Hautes Montagnes du Doubs depuis les temps celtiques* (Paris, Bray, 1868), M. l'abbé Narbey, attribue, toutefois, l'appellation de Genabum à la ville actuelle de Gien. Malte-Brun pense que *Genabum* est plutôt un village près de Gien, aujourd'hui appelé le Vieux-Gien.

(2) Cf. *L'Histoire de la forêt d'Orléans*, par Paul Domet, ancien conservateur des forêts. Orléans, Herbuison, 1892.

qui les traitent, pour la majeure partie, en taillis simples de pauvre végétation et de maigres revenus. Les forêts domaniales sont mieux traitées : celle de GAVRE, au nord de Nantes, comprend 4500 hectares de chênes et de hêtres traités en futaie pleine ; celle de RENNES, de 2960 hectares, est peuplée pour un tiers de pin sylvestre, pour le surplus de chêne et autres feuillus. Les forêts de la Bretagne, et sans doute aussi une notable partie de ses vastes landes, dépendaient, à l'origine, de la vaste forêt de *Bréchéliant* souvent citée dans les romans de la Table ronde, et connue sous les diverses formes *Brocélian*, *Brechelant* ou *Barenton*. Citons encore, non plus en Bretagne, mais près de Niort (1), la forêt de CHISÉ, 4800 hectares de chêne et de hêtre traités en taillis composé (2). Antérieurement, aux VIIe et VIe siècles selon les uns (3), au XIe selon d'autres (4), on voyait encore, s'étendant à de grandes distances autour du Mont Saint-Michel et couvrant le terrain occupé aujourd'hui par la baie de ce nom, la forêt de Scissy, *Saltus Sessiacum*, disparue sous les eaux par suite d'un affaissement du sol ; il en est de même d'une large bande du littoral nord de l'Armorique et des côtes occidentales et septentrionales de la Normandie englobant les îles Chausey, Minquiers et Jersey. Des vestiges d'habitations et surtout de végétation ligneuse ont été retrouvés en mer sur tous les points de cet ancien littoral ; le Pavillon forestier du Trocadéro, à l'Exposition universelle de 1878 à Paris, montrait de nombreux échantillons de bois fossiles de diverses essences, bouleau, aune, saule, chêne, coudrier, etc., trouvées dans des fouilles de la plaine de Dol sauvée de l'envahissement des eaux par une vaste

(1) Alfred Maury, *loc. cit.*, p. 249.
(2) Huffel, *loc. cit.*, p. 382.
(3) L'abbé Hamard, *Le Gisement préhistorique du mont Dol*. Paris, R. Haton, F. Savy, 1877.
(4) Alfred Maury, *loc. cit.*, p. 254.

digue allant de Cancale au voisinage du Mont Saint-Michel.

Toute cette moitié septentrionale de la France actuelle, les départements de l'est exceptés, ne contient guère que 9 à 10 p. c., en moyenne, de son étendue à l'état de forêts ou terrains boisés, soit 6 à 7 p. c. dans la région nord-est, 7 à 8 p. c. au nord-ouest, 15 à 16 p. c. dans les bassins moyens de la Seine et de la Loire.

La région de l'est, qui comprend le bassin de la haute Moselle avec la Franche-Comté, la Bourgogne et le Nivernais, est beaucoup mieux partagée, contenant 190 000 kilomètres carrés de forêts de toutes essences, soit 28 p. c. de son étendue totale (1). On peut y ajouter le Bourbonnais avec ses 20 000 hectares de chênes et hêtres, où domine le *quercus robur*.

Aux temps où Jules César fit la conquête des Gaules, toute cette moitié septentrionale de ce qui est aujourd'hui la France avec la Belgique et la rive gauche du Rhin, était, sauf les vallées des principaux fleuves et rivières comme celles de *Liger* (Loire), de *Sequana* (Seine), d'*Arar* ou *Sagona* (Saône), d'*Isara* (Oise), de *Samara* (Somme), etc., à peu près exclusivement envahie par la forêt où vivaient des populations nomades et barbares, n'ayant d'autres moyens d'existence que la chasse, la pêche et le bétail ; quand elles avaient épuisé le fourrage d'un canton où, sous l'abri des arbres, se dressaient leurs huttes, elles décampaient pour aller s'installer ailleurs. Dans ces vastes étendues « de bois sombres, impénétrables, couvrant monts et vallées, les hauts plateaux comme les fonds marécageux », le Celte errant trouvait sa subsistance (2).

(1) Alfred Maury, *loc. cit.*, pp. 343-344.

(2) Cf. Alfred Maury, *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*, édition de 1867, p. 43 ; et Montalembert, *Les Moines d'Occident*, t. II, p. 388 de l'édition in-12, 1868. Paris, Lecoffre, éditeur.

La moitié méridionale de la Gaule était un peu plus dégagée. Depuis plusieurs siècles les Phocéens exploitaient les bois et cultivaient le sol de la Provence (1), et l'Aquitaine était en partie défrichée. Une civilisation relativement développée y régnait. César s'étonnait que la nouvelle d'un événement accompli à *Genabum* (Orléans ou Gien) au lever du soleil, fut transmise avant son coucher chez les Arvernes à une distance d'environ cinquante-cinq lieues (cent soixante mille pas) (2); c'était au moyen de signaux, de feux, parfois de simples cris proférés de distance en distance, que se transmettaient ainsi les nouvelles importantes. — Les *Bituriges* (habitants du Berry) fabriquaient du fer après en avoir extrait le minerai. En Morvan les *Éduens*, en Dauphiné et en Savoie les *Allobroges* cultivaient le blé, les *Lémovices* (3) et les *Carduques* (4) le lin.

Ce n'est pas que la forêt ne fut encore et de beaucoup prédominante, entrecoupée de clairières et de marécages comme dans la partie septentrionale : *continentes sylvas ac paludes*. Ce qu'il en reste aujourd'hui est comparativement bien peu de chose. Ainsi, dans les dix départements environ composant la région granitique appelée par Élie de Beaumont *Plateau central*, on ne compte guère que les neuf centièmes de cette étendue qui soient à l'état de forêts, tandis qu'il existe des friches ou landes incultes que M. Huffel évalue à un million d'hectares, dont 300 000 s'étendraient dans les seuls départements de la Corrèze et de la Creuse. Sur d'autres points, quelques travaux de boisement ont donné d'excellents résultats ; et l'Auvergne proprement dite, qui en a eu l'initiative vers 1845 par les soins d'un Inspecteur des forêts à Clermont-Ferrand,

(1) Cf. de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*, p. 25. Paris, Guillaumin, 1857.

(2) *Quod spatium est millium (passuum) circiter* CLX. J. César, *De bello gallico*, lib. VII, cap. 3, *in fine*.

(3) Limoges.

(4) Cahors.

M. Leclerc, compte aujourd'hui 5000 hectares ainsi repeuplés, la plus grande partie appartenant à des communes.

A l'est et au sud-est du Plateau ou Massif central se dressent, séparés de lui par la vallée du Rhône, les premiers versants et les hauts sommets de la partie française du massif des Alpes : Alpes de Savoie, du Dauphiné, Maritimes, Provençales, Vercors, Préalpes ; auxquelles on peut joindre le petit groupe granitique et porphyrique formant comme un îlot entre les versants triasiques des Alpes provençales au nord-ouest et la mer au sud-est, et connu sous le nom de Montagnes des Maures et de l'Esterel, dans le département du Var.

Là s'étendent 110 à 112 000 hectares de forêts, dont 82 000 aux particuliers, peuplées de chêne-liège, châtaignier, pin d'Alep, pin maritime, et, au pied des versants, pin parasol, le tout dominant un sous-bois d'arbrisseaux et morts-bois variés que dessèchent les ardeurs de l'été ; d'où les incendies fréquents qui désolent ces parages (1). C'est là, comme il vient d'être dit, un massif isolé qui ne se rattache qu'indirectement à celui des Alpes. Ce dernier se développe à l'est, par les Alpes maritimes, au nord par le Dauphiné et la Savoie, à l'ouest par les monts de Vaucluse, les Préalpes comprenant le Léberon (*Alt.* 1125m.). Sur le flanc méridional de cette montagne, entre 100 et 700 mètres seulement, s'étend la forêt domaniale du même nom, toute de chêne vert et de pin d'Alep ; les forêts de Mérindal et de La Bastide-des-Jordans occupent en Vaucluse des sols rocailleux et desséchés, si fréquents en Provence. Un peu plus au nord, à 35 kilomètres environ à l'est d'Orange, se rencontre la très curieuse forêt de Bédoin. Couvrant le versant méridional du mont Ventoux

(1) Cf. Ch. de Ribbes, *Des Incendies de forêts dans la région des Maures et de l'Esterel*, ouvrage publié par la Société forestière des Maures ; C. Broilliard, Conservateur des forêts en retraite, *Questions féminines* dans la Revue des Eaux et Forêts, 1901-1902.

depuis la faible altitude de 100 mètres jusqu'à celle de 1900 et plus, elle voit, sur une étendue de près de 6000 hectares, se succéder les flores de tous nos climats : de 100 à 700 mètres règne exclusivement le chêne vert (*Quercus ilex*) ; de 700 à 800, il croît en mélange avec le chêne blanc (*Q. robur*), qui se montre seul jusqu'à 1000 mètres où commence à intervenir le hêtre, mêlé, un peu plus haut, de quelques rares sapins. A partir de 1500 mètres, le pin à crochets (*P. uncinata*) règne à l'état pur. Sous les chênes vert et blanc se récolte en grande abondance la truffe dite du Périgord (*Tuber melanosporum*) dont la récolte annuelle rapportait à la commune de Bédoin 23 000 fr. en 1882, produit qui s'était élevé à 55 000 fr. en 1892 (1).

Au Vaucluse confinent les départements de la Drôme et des Hautes Alpes, confinant eux-mêmes à celui de l'Isère, autrement dit l'ancienne province du Dauphiné, laquelle, contiguë d'autre part à celle de la Savoie, forme un ensemble comprenant la majeure partie du massif français des Alpes.

L'état de boisement, en Dauphiné, présente deux nuances bien tranchées. La partie septentrionale de la province comprend les bassins de l'Isère et de la Drôme, au sol riche et aux forêts verdoyantes et bien fournies, telles que celles de la Grande Chartreuse (6600 hectares), peuplée de sapin, d'épicéa et de hêtre sur rochers calcaires à des altitudes s'élevant jusqu'à 1860 m. et non loin de Grenoble ; de Lente et du Vercors, dans la Drôme, ayant, à elles deux, une contenance à peu près égale. Une petite portion du département des Hautes Alpes, à son extrémité septentrionale et par le bassin du Drac affluent de l'Isère, se rattache à la première nuance.

Le surplus de ce département, compris dans le bassin de la Durance, offre un aspect déjà bien différent. Ce ne

(1) Cf. Économie forestière, t. I, pp. 388-390.

sont pas encore les *Alpes sèches* dont nous parlerons tout à l'heure, mais ce ne sont déjà plus les *Alpes vertes* du nord. On y rencontre bien encore, sur les versants exposés au nord ou à l'est, dans des districts peu accessibles ou appartenant à des propriétaires aisés, de beaux spécimens de la végétation forestière, véritables oasis qui « donnent une idée de ce qu'étaient et pourraient redevenir les sapinières de cette région (1) ». Le reste est plus ou moins maltraité par le pâturage abusif et les défrichements inconsidérés.

Nommons, en passant, la forêt domaniale de Durbon, aux confins est de la Drôme, dont nous avons parlé dans un travail précédent (2), la belle forêt de Boscodon, également à l'État, sur la rive gauche de la Durance. en face d'Embrun ; les superbes massifs de mélèze du Queyras et du Briançonnais, notamment ceux de la forêt communale de Puy-Saint-Pierre, à 580 mètres au-dessus de la ville de Briançon, elle-même à 1321 mètres d'altitude (3), futaie pleine aménagée à une révolution de 200 ans ; enfin, sur les versants français du Mont Genèvre, la forêt communale du même nom, entourant les sources de la Durance autour du col fameux par où Annibal dans l'antiquité, Charles VIII aux débuts de la Renaissance, Napoléon au commencement du XIXe siècle, franchirent les Alpes avec leurs armées. L'altitude du col est de 1974 mètres, celle du sommet de la montagne n'est pas inférieure à 3680 mètres : les derniers représentants de la végétation forestière sont quelques pins cembros épars à 2500 mètres ; un peu plus bas, au regard du midi, les pins sylvestre et oncinié, à l'aspect du nord et de l'est, les mélèzes, forment massifs, sur 550 hectares environ.

Tel est, sommairement indiqué, l'état des forêts du

(1) Huffel, *loc. cit.*, p. 592.

(2) *Les Arbres et les Bois ; esthétique forestière*, dans la Rev. des Quest. scient., juillet 1903.

(3) Annuaire du Bureau des longitudes, année 1905.

département des Hautes Alpes ; mais, autour d'elles, que de pentes dénudées, que de pâturages ravinés et dégradés, que de versants arides et sans verdure ! Et si nous pénétrons dans la région septentrionale de la Provence, occupée par le département des Basses Alpes, c'est bien pis encore ; nous arrivons aux *Alpes sèches* où nous trouvons « la région la plus dévastée des montagnes françaises », les pires conditions du sol et de climat s'y trouvant ajoutées aux causes de destruction dues au fait de l'homme. « Les forêts de cette région ne sont plus que des lambeaux délabrés, faibles restes des forêts anciennes, et ne forment des massifs dignes de ce nom que sur les points à peu près inaccessibles (1). »

En somme, le bassin de la haute Durance, qu'il soit des Hautes ou Basses Alpes, est forestièrement dans un triste état, que le service des reboisements améliore sans doute, mais non sans peine.

A l'autre extrémité du Dauphiné, les deux départements en lesquels se partage l'ancienne Savoie nous ramènent aux *Alpes vertes*, bien que la proportion des terrains boisés à l'étendue totale de la province ne dépasse guère 2 1/3 p. c. : un peu plus de 23 300 hectares de forêts, sur un ensemble de 10 000 kilomètres carrés ; mais la végétation forestière y est vigoureuse. Les sept dixièmes de cette superficie se composent de futaies mélangées de hêtre et d'épicéa ; le sapin ne s'y rencontre que dans la proportion de 1 p. c., résistant moins bien que l'épicéa aux abus du pâturage et aux coupes excessives comme il en était pratiqué, paraît-il, autrefois, sous le règne de la Maison de Savoie.

Dans les étendues boisées, citées çà et là aux pages qui précèdent, ne sont pas compris les « périmètres de reboisement ». Comme les travaux dont ils sont l'objet ont débuté il y a plus de quarante ans, un certain nombre de

(1) Huffel, *loc. cit.*, p. 391.

ces périmètres commencent à mériter le nom de forêts. Mais c'est là une œuvre en cours d'exécution et qui est fort loin d'être proche de son achèvement ; nous ne les comprenons donc pas dans cet aperçu des restes des vieilles forêts de la Gaule et de l'ancienne France.

La région montagneuse des Pyrénées n'est guère mieux partagée forestièrement que celle des Alpes. Là aussi les forêts ont souffert de l'abus du pâturage, des coupes pratiquées sans mesure et de l'exercice des droits d'usage. Plus que partout ailleurs cependant elles pourraient être prospères avec leur climat méridional tempéré par les altitudes et l'exposition générale au regard du nord. Au reste, le service du reboisement, ici comme dans les Alpes et ailleurs, s'efforce, par de judicieux travaux, de conjurer la ruine de ces montagnes et de reconstituer peu à peu ce qui manque à leur revêtement végétal.

Les six départements sur lesquels court la chaîne pyrénéenne, Pyrénées orientales, Aude, Ariège, Haute Garonne, Hautes et Basses Pyrénées, comprennent, sur une superficie totale de 12 760 kilomètres carrés, 411 200 hectares, je ne dirai pas précisément de forêts, mais de domaines classés comme forêts ; car, sur ces quatre cent onze mille hectares, il y en a plus de cent mille (100 800) à l'état de terrains *vacants*, autrement dit, de vides et de friches.

Le hêtre et le sapin dominent dans les trois cent onze mille hectares restants, avec le pin sylvestre dans la partie orientale de la chaîne. Toutefois le hêtre se mêle au chêne sur les versants inférieurs, tandis qu'aux plus hautes altitudes le sapin fait place au pin à crochets. Ce sont les sapinières de l'Aude qui passent pour les plus belles de la région : l'État en possède sur une surface de 6500 hectares dans ce département. Citons toutefois, dans l'Ariège, la sapinière de Laurenti à l'altitude moyenne de 1650 mètres, et, dans la haute Garonne, la forêt domaniale de Montauban, à une altitude un peu moindre, 1250 mètres en moyenne. Tout, cependant, n'est pas sapinière

ou hêtraie dans la région ; un tiers des forêts de l'Aude est en taillis simple, composé ou fureté, et l'on peut citer, parmi les taillis sous futaie du bassin de la basse Garonne, la forêt domaniale de Bouconne, à 20 kilomètres à l'ouest de Toulouse, d'une contenance de 2000 hectares et aménagée à une révolution de 25 ans. Enfin, il ne faut pas omettre les forêts de chêne de la vallée de l'Adour, vieux peuplements dont le type nous est donné par la forêt de Téthieu près de Dax.

Il n'est pas sans intérêt de signaler ici un mode curieux d'exploitation du chêne dans le Béarn, mode que l'on pourrait, avec M. Huffel, appeler *taillis suspendu*. Les arbres, suffisamment espacés, sont étêtés à une hauteur telle que le bétail n'y puisse atteindre. Comme autour d'une souche, des rejets se forment autour du point de section de chaque arbre ; et tous les 8 ou 10 ans les habitants viennent exploiter ces cépées aériennes. Au-dessous d'elles, le bétail peut pâturer sans inconvénient. On comprend que le rendement d'un tel système d'exploitation soit assez faible : aussi le service forestier s'efforce-t-il d'amener les communes à le remplacer par celui de la futaie pleine « qui serait d'une culture très facile en ce pays où chêne et hêtre fructifient abondamment tous les ans » (1).

Pour compléter l'esquisse de ce qui nous reste de l'immense forêt qu'était la Gaule, il nous faut dire quelques mots du vaste massif boisé de création récente mais renouvelé de l'antiquité, qui s'étend, au sud-ouest de la France, sur les départements de la Gironde, des Landes et d'une petite partie du Lot-et-Garonne.

Ce massif, de forme sensiblement triangulaire, s'appuie, comme sur une base, sur un rideau de 234 000 kilomètres de dunes que le génie de Brémontier est parvenu, à partir de 1780, à fixer par des semis de pin maritime.

(1) Cf. Huffel, p. 384.

Une cinquantaine d'années plus tard, un autre ingénieur, Chambrelent, eut l'idée d'employer à assainir les Landes marécageuses et les lagunes qui couvraient environ 800 000 hectares — et moyennant un ingénieux système préalable de fossés d'écoulement — le système de reboisement en pins maritimes par lequel son illustre prédécesseur était parvenu à fixer la dune mobile et envahissante. Ayant exposé ici-même, avec détails, les deux œuvres de Brémontier et de Chambrelent continuées et achevées par leurs successeurs (1), nous n'avons pas à y revenir. Observons seulement que l'immense *pignada* forme, comme on l'a dit, un triangle qui, sur la base mentionnée tout à l'heure, ne compte pas moins de cent kilomètres de hauteur. Son étendue, évaluée au chiffre précis de 704 530 hectares, se répartit ainsi entre les trois départements : Gironde, 279 299 hectares ; Landes, 414 578 hectares ; Lot-et-Garonne, 10 653 hectares ; le tout pour 82/100 aux particuliers, 10/100 aux communes et 8/100 à l'État. La valeur d'ensemble de cette masse boisée, sur des terrains naguère improductifs et fiévreux, aujourd'hui parfaitement assainis, est estimée à environ 500 millions de francs (2).

Sans faire tort d'ailleurs au mérite et à l'initiative géniale des deux grands ingénieurs qui ont boisé les dunes et les landes du sud-ouest, on peut dire qu'ils n'ont fait en somme que restaurer ce qui, au moins en partie, avait existé autrefois. Aux temps gallo-romains, l'Aquitaine présentait, d'après Festus Avienus, une suite de dunes

(1) Voir l'*Art forestier à l'Exposition universelle de 1878*, tomes IV et V (1878 et 1879) de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1re série.

(2) Il est intéressant de comparer à ce chiffre celui du revenu attribué aux 80 000 hectares des pineraies de la Sologne, dont l'origine ne remonte guère au delà d'une soixantaine d'années. M. Huffel évalue ce revenu à 3 200 000 francs sur des terres qui naguère ne rapportaient rien, en se fondant sur ce que, à l'âge de 30 ans, l'hectare de ces pineraies produit, net, 1200 francs en bois de boulange, ce qui fait ressortir le revenu net moyen de l'ensemble à 40 francs l'hectare.

chargées de forêts de pins et d'essences alpestres qui s'étendaient jusqu'aux Pyrénées (1), et les landes avaient certainement été boisées dans la haute antiquité.

II

LES VICISSITUDES DU SOL BOISÉ A TOUTES LES ÉPOQUES

C'est le propre de la nature humaine de pousser souvent ses entreprises à cet extrême où l'usage fait place à l'abus, sauf à tendre ensuite à se rapprocher de la limite trop facilement dépassée. A l'origine et durant les siècles qui suivirent, l'œuvre civilisatrice dans les Gaules se manifestait par le défrichement des forêts trop étendues ; il fallait permettre à l'agriculture de s'étendre et, par suite, à la population de se développer. Cette œuvre immense, dont les « moines d'occident » furent, dans le haut moyen âge, les principaux sinon les seuls champions, s'est poursuivie, dans le cours des temps, à travers de nombreuses péripéties, jusqu'à dépasser la juste mesure. De là les vastes étendues de montagnes ou de plaines qui, soit par déboisement direct, soit par jouissance abusive, se sont trouvées dénudées et que l'on tend de plus en plus à reboiser aujourd'hui.

Au temps de César, on l'a dit plus haut, plus de la moitié du territoire des Gaules était à l'état boisé, avec des clairières défrichées de plus ou moins grande étendue dans le centre et dans le nord, principalement aux abords des cours d'eau ; la partie méridionale, plus ouverte et mieux cultivée, laissait moins dominer la forêt et contenait des champs étendus où croissaient la vigne, l'olivier et les céréales.

Chaque canton, district ou territoire défriché et cultivé,

(1) Festus Avienus, *Ora maritima*, cité par Alf. Maury, *loc. cit.*

pagus, comme l'appelait César, était le siège d'une tribu ou peuplade gauloise ; plusieurs de ces *pagi*, associés ou confédérés entre eux, formaient une *cité :* véritable nation, tantôt monarchique, tantôt démocratique, ne manquant pas d'une certaine analogie avec la cité grecque ou romaine, telle que nous la dépeint Fustel de Coulanges dans sa magistrale *Cité antique*.

La population des Gaules comprenait, à cette époque, une cinquantaine de ces cités. César, dès qu'il eut affermi sa conquête, en augmenta le nombre pour en faire soixante-quatre circonscriptions financières dans ce qu'il appelait « la Gaule chevelue, *Gallia comata* », autrement dit, la Gaule transalpine. La division de la cité en *pagi* fut conservée ; le *pagus* lui-même fut partagé en *fundi*, sans doute à l'imitation de la *curie* romaine qui avait au-dessus d'elle la *tribu*, formée de plusieurs curies, la *cité* étant elle-même composée de plusieurs tribus (1). Le *fundus* gallo-romain serait le point d'origine de la plupart de nos communes rurales (2). Les terres arables qu'il comprenait constituaient l'*ager*.

En ces temps reculés, « le domaine public, qui était immense, comprenait vraisemblablement les forêts, bien commun » (3). Mais les premiers déboisements y furent contemporains de la guerre de conquête. L'incendie servait tour à tour aux indigènes comme moyen de défense, aux envahisseurs comme moyen d'attaque, et d'importantes masses boisées furent détruites de ce chef. D'autre part, la hache des licteurs romains opérait en grand des abatages pour anéantir les retraites où les Gaulois, soulevés contre l'ennemi commun, s'étaient créé des abris et des lieux de réunion. Enfin l'ouverture, par les armées conquérantes, de routes dirigées dans tous les sens et enserrant le pays conquis dans un vaste réseau, découpa de grands compar-

(1) Cf. Fustel de Coulanges, *loc. cit.*, liv. III, chap. I à III.
(2) Huffel, Etude IIe, chap. I.
(3) *Ibid.*

timents dans la forêt sans fin, préparant ainsi les futures dénominations forestières locales. La culture des céréales et de la vigne ne tarda pas, la paix conclue, ou plutôt la conquête affermie et devenue définitive, à prendre de grands développements. Le seigle, le blé, l'épeautre couvrirent de vastes champs, notamment dans une région qui lui emprunta son nom : Sécalonie *(Secale*, d'où *Secalœnia)* ou Sologne. L'extension de la culture de la vigne entraînait celle de la fabrication du merrain pour tonneaux, industrie depuis longtemps, paraît-il, chère aux Gaulois ; et l'on abattait, et l'on abattait les chênes sans se préoccuper de la régénération des peuplements qui les fournissaient : le bois n'était-il pas le bien commun, à la disposition de qui voulait le prendre, *res nullius*, et ne repoussait-il pas de lui-même ?

M. Charles de Ribbes nous apprend, d'après l'économiste Dussard (JOURNAL DES ÉCONOMISTES de juillet 1848), que les forêts qui protégeaient, dans toute son étendue, la chaîne des Cévennes, auraient été, sous le règne d'Auguste, brûlées ou abattues en masse. « Une vaste contrée, jusque-là couverte de bois impénétrables, a été tout à coup dénudée, rasée, dépouillée ; et bientôt un fléau jusqu'alors inconnu (les ouragans déchaînés par le mistral) vint porter la terreur d'Avignon aux Bouches-du-Rhône, de là à Marseille, puis étendit ses ravages sur tout le littoral (1). »

Ce n'est pas à dire que les Romains aient habituellement procédé avec un esprit de destruction sauvage et sans frein. Ils apportèrent au contraire dans les Gaules des habitudes de discipline et de méthode dont bénéficièrent les forêts elles-mêmes dans la réduction graduelle et systématique de leur étendue. Ils avaient envoyé des géomètres, *agrimensores*, pour cadastrer leur conquête, et

(1) *La Provence au point de vue des bois, des torrents et des inondations*, par Charles de Ribbes, chap. Ier, p. 19. Paris, Guillaumin et Cie, 1857.

avaient ensuite partagé la propriété forestière en diverses catégories suivant : 1° qu'elle était réservée au fisc impérial ; 2° qu'elle appartenait aux seigneurs *(equites)*, prélevée sur les *fundi*, 3° à des *vici* ou villages, formant alors déjà une sorte de forêt communale ; ou 4° qu'elle était possédée, à titre onéreux, par concession du seigneur, *equitis*, aux habitants de la *villa* ou ensemble des constructions élevées dans la partie du *fundus* distincte de l'*ager* ou partie cultivée ; ou bien enfin 5° qu'elle appartenait à une portion du *fundus* partagée par le seigneur entre ses clients (1).

Les bienfaits de cette habile organisation administrative ne prévalurent pas, à la longue, durant les quatre ou cinq siècles de la domination romaine, contre les excès de la fiscalité romaine, la plus rapace, a dit Montalembert, qu'on ait jamais rêvée (2). L'exagération des impôts, qui en arrivaient à dépasser la valeur même des terres cultivées sur lesquelles ils étaient assis, incitait leurs propriétaires à les abandonner. Délaissées par la culture, ces terres ne tardaient pas à être reconquises par la forêt qui s'implantait sur elles, d'abord à l'état de « halliers de ronces et d'épines d'une épaisseur formidable », appelés *déserts* par les populations qui les avaient quittées, puis peu à peu de taillis formés de végétaux plus arborescents, puis enfin de hautes futaies (3).

Bientôt se trouvaient reconstituées les anciennes forêts druidiques aux ombres ténébreuses que les Romains n'avaient abordées, aux premiers temps, qu'avec une sorte de terreur religieuse. Sauf les détails mythologiques et les sacrifices sanglants, on aurait pu leur appliquer cette description que faisait Lucain de ces « bois sacrés, de temps immémorial inviolés, dont les branches enlacées entretenaient sous la haute voûte des cimes une ombre

(1) Cf. Huffel, *loc. cit.*, Deuxième Étude, chap. Ier, p. 220.
(2) *Les Moines d'Occident*, tome II, p. 266.
(3) *Loc. cit.*, p. 586.

ténébreuse et glacée. Ni les Pans rustiques, ni les Sylvains robustes, ni les Nymphes des bois ne les habitaient; mais il s'y offrait de barbares sacrifices sur des autels chargés de cruels holocaustes. Les arbres étaient rouges de sang humain. Les oiseaux craignaient de s'y poser, les bêtes fauves de s'y réfugier. Les arbres eux-mêmes frémissaient d'horreur (1). »

Cette reprise de possession du sol par la forêt ne fut cependant pas universelle, et, par la force des choses, des rapports s'établirent entre les *equites*, possesseurs des forêts prélevées sur les *fundi*, et les habitants des *agri* cultivés. Ceux-ci y prenaient le bois dont ils avaient besoin pour leur chauffage et leurs constructions (2); et cette coutume continua ensuite sous la domination des nouveaux envahisseurs, Germains, Francs, Burgondes (et, en plus, dans le midi, Arabes, Maures, Sarrasins) : perpétuée jusqu'à l'établissement de la féodalité, elle fut l'une des origines des *droits d'usage* dont quelques-unes de nos forêts sont encore grevées aujourd'hui.

Néanmoins, à la suite des invasions, soit par l'effet de celles-ci, soit par celui du délaissement des terres cultivées

(1) Lucus erat longo numquam violatus ab œvo,
Obscurum cingens connexis aera ramis,
Et gelidas alte submotis solibus umbras.
Hunc non ruricolæ Panes, nemorumque potentes
Sylvani Nimphæque tenent, sed barbara ritu
Sacra deum, structæ diris altaribus aræ;
Omnis de humanis lustrata cruoribus arbor...
Illis et volucres metuunt insistere ramis,
Et lustris recubare feræ...
Arboribus suus horror inest...

(Lucain, la *Pharsale*, III, 399 à 411).

Voir, au surplus, dans *Les Moines d'Occident*, le livre VII, chap. Ier : « Les Moines dans les forêts ».

(2) Plus tard, après la seconde invasion, dite des Barbares, une coutume analogue était reconnue et édictée par la loi des Burgondes, tit. XXXII, qui portait : « Celui qui n'a pas de forêt peut couper les bois qui lui sont nécessaires, hormis les fruitiers et les arbres de futaie, dans n'importe quelle forêt, sans que le propriétaire d'icelle puisse s'y opposer. » (Cf. la REVUE DES EAUX ET FORÊTS, année 1864, p. 312).

par les colons gallo-romains, nombre de ces terres étaient encore sous les bois. « Tel *pagus* qui, du temps de César, dit Montalembert, avait fourni des milliers de combattants contre l'ennemi commun, n'offrait plus que quelques populations éparses à travers des campagnes qu'une végétation spontanée et sauvage venait chaque jour disputer à la culture, et qui se transformaient graduellement en forêts (1). » Ces dernières, en s'étendant peu à peu, ne tardaient pas à rejoindre les masses continues. Comme exemple de « ces envahissements de la solitude » et des bois, l'auteur des *Moines d'Occident* cite le fait du moine Liéphard, mort en 565, qui, venu avec un seul disciple sur la rive droite de la Loire, à cinq lieues plus bas qu'Orléans, avait constaté la complète disparition sous les bois du *castrum* romain de *Magdunum* autrefois abondamment peuplé (devenu depuis la petite ville de Meung). A la même époque, un autre moine, saint Colomban, ne trouva plus que des idoles abandonnées au milieu des bois, sur l'emplacement qu'avaient occupé jadis les temples et les thermes romains de Luxeuil (2). Il est encore de nos jours tels peuplements forestiers des Vosges, du Jura, de la Provence, ou même de la Normandie, contenant dans leur sous-sol des restes d'une civilisation disparue et permettant de constater qu'il y eut là jadis des villages, des villes, des *castra* romains, ou bien des vignes, des plantations d'oliviers ou de pommiers (3).

D'ailleurs, l'état politique et social qui succéda à la domination romaine, ne fut point défavorable aux forêts.

(1) *Les Moines d'Occident*, t. II, p. 384. Voir aussi Maury, *loc. cit.*

(2) *Ibid.* — Ibi imaginum lapidearum densitas vicina saltus densabat. . Jonas. *Vit. S. Columbani.* Cité par Montalembert, *loc. cit.*

(3) Notamment en Normandie, dans les forêts de Brotonne et de Beaumont-le-Roger. Le plateau de Leinenberg, près Abres-Chwiller, en Alsace-Lorraine, qui est aujourd'hui boisé, était jadis cultivé. Cf. Alf. Maury, *loc. cit.* — A. Ysabeau, ANNALES FORESTIÈRES, année 1854, *Les Forêts du Globe.* — L'abbé Narbey, *Les hautes Montagnes du Doubs depuis les temps celtiques.* Paris, Ambroise Bray, 1868.

Les nations envahissantes, germaines, franques et autres arrivaient de pays aussi boisés, sinon plus encore, que les Gaules. C'était au sein des forêts qu'ils étaient habitués à tenir leurs réunions et à chercher un abri contre les intempéries. De leurs ancêtres, venus jadis des plateaux de la haute Asie, ils tenaient le culte superstitieux des arbres (1). De plus, ils avaient, comme d'ailleurs les anciens Gaulois eux-mêmes, un goût prononcé pour la chasse ; et ce goût, qui faisait des Francs et des Gaulois, dit Alf. Maury, les premiers chasseurs du monde (2), est une des causes qui contribuèrent le plus à maintenir la situation forestière des Gaules telle qu'elle existait à la fin de la domination romaine. Les lois coutumières des tribus envahissantes, Saliens, Ripuaires, Burgondes, Wisigoths, portaient toutes le caractère de cette préoccupation dominante : conserver les peuplements forestiers, gîte du gibier et abri de la provende des bestiaux (3). Tout ce qui avait pu échapper à la répartition cadastrale établie par les Romains, était aux yeux des envahisseurs bien commun ; et cette prédisposition opposait souvent à la conception de la propriété forestière, telle qu'elle était envisagée au point de vue romain, celle que s'en faisaient les nouveaux occupants.

Ces derniers avaient pu sans difficulté s'approprier les forêts du fisc impérial, l'Empire n'existant plus, mais avaient sans doute éprouvé quelque résistance au sujet des bois appartenant aux descendants des anciens *equites*. Quant à ceux des *fundi*, considérés comme bien commun par leurs possesseurs, ils devaient être plus facilement

(1) Alf. Maury, *loc. cit.*

(2) Alf. Maury, *op. cit.*, p. 249. « Qui vix ulla in terris natio invenitur quæ in hac arte Francis possit æquari », dit Eginhard.

(3) Quels bestiaux et quel gibier ? Sans compter les espèces encore vivantes de nos jours, telles que cerfs, chevreuils, sangliers, etc., c'étaient l'élan et l'aurochs. Les troupeaux de chevaux, le gros et le petit bétail y trouvaient leur pâture. Les porcs y vaguaient par milliers sous les chênaies. Ils étaient de taille énorme, à moitié sauvages, très redoutés des passants. Cf. *Histoire de France*, publiée sous la direction de M. Lavisse. Cité par M. Huffel.

assimilables aux *sylvæ communes* telles que les comprenaient les envahisseurs, en tant du moins que produit direct du sol. Au reste, une fois maîtres des Gaules, les Francs en changèrent les circonscriptions administratives. Les *pagi* des Francs, plus étendus, se rapprochaient davantage des anciennes *civitates* que les Romains avaient composées de plusieurs *pagi* gaulois.

Les domaines dont se composa le *pagus* furent néanmoins disposés exactement sur le modèle des anciens *fundi*. On y trouvait, comme jadis, la terre réservée au maître, le *mansus indominicatus* devenu la terre *salique*, ou terre entourant la maison (de *saal*, habitation), renfermant avec le sol arable les eaux et les forêts. Ce *mansus* était cultivé par des *serfs* ; et la partie de la *villa* constituant le surplus de l'*ager* était partagée en lots affectés à la jouissance, partie des autres serfs, partie des *lèdes* ou serfs affranchis, partie des colons ou hommes libres (1).

Quant au droit de chasse, les *leudes* ou chefs militaires des tribus franques se l'étaient approprié, admettant à le partager avec eux seulement les représentants de l'ancienne noblesse gallo-romaine.

De là naquit, sous les Mérovingiens et les premiers Carolingiens, la curieuse pratique de l'*afforestation* ou *inforestation*. Les rois avaient, à l'origine, en vue de la chasse, affecté à leur usage, et, avec eux, à celui de leurs

(1) Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 220. Ce serait une erreur d'assimiler les *serfs* du moyen âge à des *esclaves*. L'esclave n'a pas de personnalité, partant pas de droits ; il est la *chose* de son maître ; et quand on assimile une troupe d'esclaves à un troupeau de bétail, un bétail humain, l'assimilation, pour être ignominieuse, n'en est pas moins exacte. Bien moins abaissée était la condition du serf qui, s'il était attaché à la glèbe, n'en pouvait, d'autre part, être détaché arbitrairement par la volonté du seigneur. Autrement dit, s'il lui était interdit de quitter le sol, on n'avait pas non plus le droit de l'en expulser. La preuve d'ailleurs que les serfs avaient des droits, ce sont les pièces de procès entre serfs et seigneurs que l'on retrouve en grand nombre dans les vieilles archives des départements et dont la solution était loin d'être toujours favorable au seigneur. Le servage a été, somme toute, une transition ménagée entre l'esclavage et la liberté pleine, grâce à l'influence du christianisme.

principaux officiers, des étendues de terrain plus ou moins considérables, comprenant non seulement d'importantes aires boisées, mais, en plus, les cours d'eau qui les traversaient ainsi que les plaines, étangs et terres arables qu'elles englobaient. La *foresta* — ce qui n'était pas alors synonyme de *sylva* — n'était autre chose, bien qu'elle contînt principalement des forêts, que l'enceinte réservée au roi pour la chasse et la pêche.

Ce que faisait le roi dans son domaine, ses leudes et les descendants des anciens propriétaires (chevaliers romains ou nobles gaulois) le faisaient à moindre échelle sur leurs terres, non pas, il est vrai, sous leur autorité privée, mais par expresse délégation du prince. Souvent aussi le roi concédait par munificence des enceintes afforestées à des particuliers pour services rendus à l'État, à des chefs militaires ou à des abbayes. De même que le roi avait des agents spéciaux, *forestarii*, pour gérer les *forestæ dominæ*, les seigneurs, *comites*, avaient aussi leurs *forestarii* particuliers pour leurs *forestæ* concédées *jussione regis*.

Cette pratique de l'afforestation avait aussi cours en Allemagne d'où elle nous était venue. Mais elle avait en ce pays un corollaire qui ne paraît pas avoir été appliqué dans la France de Clovis et de Charlemagne ; c'était la *déforestation*. Le souverain — duc, chef ou roi — qui avait afforesté une contrée ou concédé une *foresta* à un sujet, se réservait — et exerçait — le droit de déforester, *deafforestare*, cette contrée, cette *foresta*, autrement dit de retirer une concession faite à titre gracieux. C'est que les afforestations ne laissaient pas de présenter de graves inconvénients. Elles dégénéraient à la longue, chez les descendants des leudes ou autres possesseurs de régions afforestées, en droit de pleine propriété. La multiplication des bêtes fauves, que nul autre que le concessionnaire de la *foresta* ou ses gens n'avaient le droit d'abattre, finissait par rendre la vie impossible aux populations de la contrée ;

et le concessionnaire, ou plutôt son descendant, devenu *en fait* propriétaire du pays, voyait le vide se faire autour de lui, et la forêt, *sylva* ou *saltus*, envahir les terres naguère cultivées : ce dernier résultat, en soi, ne lui eût point déplu, car cette extension du sol boisé était favorable à la multiplication du gibier et à la chasse ; mais, amenant la dépopulation, elle l'appauvrissait par là-même.

Aussi Charlemagne veilla-t-il tout au moins à empêcher l'extension des *forestæ*, en chargeant ses *missi dominici* de s'assurer qu'il ne s'en établissait pas *sine jussione regis*, et d'interdire toute nouvelle afforestation. Il fit plus, il établit des agents spéciaux, *vicarii*, *judices*, *forestarii*, *custodes nemoris*, qui avaient, entre autres attributions, celles de faire opérer des défrichements là où cela serait jugé opportun (1). Malgré cela, le goût des grandes masses boisées, si favorable à l'accroissement du gros gibier, prédominait.

La puissante organisation administrative et politique établie par Charlemagne ne tarda pas à péricliter sous la main débile de ses successeurs ; et de l'impuissance de ceux-ci à protéger leurs sujets contre les invasions du

(1) C'est-à-dire, d'après un capitulaire *De viltis* daté de 802 : *Ubi locus fuerit ad stirpandum...*, le capitulaire complète la phrase en ces termes : *stirpare facient Judices et campos de sylva increscere non permittant.* Il ne faudrait pas induire de la défense de faire de nouvelles afforestations, qu'il fut, comme l'ont cru quelques auteurs, interdit de faire des plantations d'arbres, des boisements, *sylvas plantare.* Comme on l'a dit ci-dessus, *foresta* n'était pas *sylva* bien qu'il s'y trouvât surtout des *sylvæ* ; c'était l'enceinte réservée pour la chasse et la pêche. On peut consulter à ce sujet : Dalloz, *Introduction* ; Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts* ; Meaume, *Commentaire du Code forestier* ; Alfred Maury, *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France.* Au contraire, le grand empereur franc, tout en favorisant les défrichements là où ils étaient utiles, régla sévèrement le droit de prendre et de couper du bois en forêt, *jus capulandi*, et assujétit à certaines observances les ouvriers chargés du *caplim*, c'est-à-dire de la coupe des bois (Alf. Maury, *loc. cit.*, éd. 1850, p. 204). Les *custodes* étaient plus spécialement chargés de la surveillance des bois, *ubi sylvæ debent esse, non permittant eas nimis copulare atque damnare* (G. Huffel, t. I, Et. III, ch. III). Le même auteur cite des capitulaires de Louis le Débonnaire, en date de 819, interdisant d'établir des *forestæ* nouvelles.

dehors, naquit l'organisation féodale. Chaque comte, chaque chef de *pagus* dut pourvoir à sa propre défense et à celle des populations qui la sollicitaient. « Ce ne sont pas, dit M. Edmond Demolins, les grands, les riches, les seigneurs qui s'attachent, par la force, les pauvres, les petits, les faibles ; ceux-ci accourent d'eux-mêmes implorer aide et protection, jurer fidélité... Le fait se renouvela si fréquemment, qu'on dut rédiger une formule spéciale pour ces sortes d'actes, témoignages irrécusables de l'origine populaire de la féodalité (1). » Le pouvoir militaire et par suite politique se trouva ainsi intimement uni au droit de propriété. Le capitulaire rendu par Charles le Chauve au grand *plaid* national de Kiersy-sur-Oise, en 877, ne fit guère que sanctionner un état de choses existant déjà de fait.

Ce nouveau régime n'était pas pour restreindre la possession même abusive des *forestæ*. « Loin de diminuer le nombre des forêts de notre patrie, dit Alfred Maury, le régime féodal eut pour effet de l'accroître encore et de ramener le sol à l'état où il se trouvait du temps des Gaulois » ; et, comme jadis aux derniers temps de la domination romaine, tels lieux, naguère habités, étaient devenus en peu de temps de profondes solitudes, des fourrés impénétrables, *abstrusa latibula* (2). Le droit de *foresta* s'identifia de plus en plus avec le droit de propriété et de haute justice. Il s'étendit même des grands feudataires aux seigneurs de second ordre qui eurent droit de *forestella*, de *warenna* ou *garenne*, où ils pouvaient chasser le petit gibier tel que lièvres, lapins, perdrix, faisans ; le

(1) *Histoire de France* de M. Edmond Demolins, Livre troisième, chap. III.

(2) C'est dans ces forêts mystérieuses que la plantureuse imagination des auteurs du *Roman de la Table ronde* plaçaient les aventures merveilleuses de leurs héros, dont le fameux Merlin l'enchanteur ne fut pas un des moindres.

gros gibier, ours, buffles, cerfs, étant réservé aux *forestæ*, suffisamment vastes pour les abriter et les nourrir (1).

Ce genre d'abus était, paraît-il, plus prononcé encore en Angleterre. Tous les efforts des seigneurs de ce pays tendaient à faire occuper par leurs forêts une étendue de plus en plus vaste, afin d'accroître l'importance de leurs chasses. Au XIIe siècle, Jean de Salisbury, le disciple d'Abélard, le compagnon de Thomas Becquet, s'éleva avec force contre cet abus qui avait pour effet de remplacer les populations rurales par les bêtes fauves : « *A novalibus suis arcentur agricolæ, dum feræ habeant vagandi libertatem* (2). »

Toutefois cette extension immodérée des *forestæ*, *forestellæ*, forêts et garennes, eut aussi sa contre-partie dans les importants défrichements et la mise en culture opérés par les moines. Dès les Ve et VIe siècles, fuyant le monde et recherchant la solitude, de pieux anachorètes accompagnés tout au plus d'un ou deux disciples, ou bien eux-mêmes disciples du moine de Subiaco, Benoît, ou de l'Irlandais Colomban, allaient chercher au sein des forêts vierges le calme et la retraite. Mus par le même sentiment, d'autres disciples venaient se joindre à eux. Il fallait défricher pour pouvoir remplacer la vie de solitaire par la vie cénobitique. D'autres fois c'étaient des groupes monastiques qui, la hache à la main, se frayaient un passage à la tête d'une troupe de fidèles ou de néophytes, abattant les arbres et se mettant à cultiver le sol aussitôt dépouillé. Les paysans accouraient vers les centres de culture ainsi créés, où ils trouvaient refuge et protection contre les brutalités ou les exactions des barbares. Durant plusieurs siècles, cette intervention des moines contrebalança dans une large mesure l'abusive extension des *forestæ* de plus en plus converties en *sylvæ* (3).

(1) Cf. Championnière, *Histoire du droit de chasse*, cité par Alf. Maury, p. 212.

(2) Cité par le même, p. 121.

(3) Voir au livre VIII des *Moines d'Occident* (tome II), le tableau histo-

« Les moines bénédictins, dit d'autre part M. Huffel, ont défriché, dans le cours des siècles, un dixième peut-être de l'étendue du pays. C'est à eux que la France du moyen âge doit de ne pas être partiellement morte de faim, faute de champs à cultiver (1). »

Le XIIIe siècle, époque de la grande efflorescence intellectuelle du moyen âge, le siècle des Vincent de Beauvais, des Albert le Grand, des saint Thomas d'Aquin, des Dante et des Roger Bacon, fut aussi une période moins tourmentée que les précédentes ; il y régna un calme relatif. L'afforestation se fit moins empiétante sur la terre arable, de nouveaux défrichements furent opérés au grand profit de la culture des céréales, et la population s'en accrut.

Quand surgit, du milieu du XIVe au milieu du XVe siècle, la terrible guerre de cent ans ; puis quand, au siècle suivant, éclatèrent les guerres de religion, il est vraisemblable que l'accroissement des surfaces boisées s'en ressentit d'une manière assez sensible. La diminution de la population, évaluée à un tiers dans les seuls bassins de la Seine et de la moyenne et basse Loire durant la guerre de cent ans, s'explique d'ailleurs par l'accroissement de mortalité dont fut directement ou indirectement cause une époque d'invasions et de luttes armées.

rique et descriptif de l'immigration des moines dans les forêts des Gaules, de leurs travaux de défrichement et de culture, d'apprivoisement ou domestication des bêtes sauvages, de protection des populations agricoles à l'encontre des emportements des chefs barbares, le tout s'alliant à la culture des lettres et à la copie des auteurs classiques de l'antiquité, sauvés ainsi de la destruction.

(1) G. Huffel, *Économie forestière*, t. I, p. 337. L'auteur ajoute, en note : « En soixante-treize ans, au XIe siècle, on a pu compter 48 années de famines partielles ou générales. » Ce lamentable état de choses tenait à plusieurs causes dont la principale était la faible étendue des terres cultivées qui s'accroissait moins vite que la population. Le XIIe siècle ne fut guère mieux partagé. Sous Philippe-Auguste, il y eut onze périodes de famine. Celle de 1193 dura quatre ans, dit M. Luchaire au tome III de l'*Histoire de France*, publiée sous la direction de M. Ernest Lavisse. « En 1197 une foule innombrable de personnes moururent de faim : *innumeri fame perempti sunt*, dit la Chronique de Reims. »

Il ne faut pas perdre de vue d'autre part que, parallèlement à l'empiètement des peuplements forestiers sur le sol arable en un grand nombre de points, en un grand nombre d'autres aussi, soit les défrichements, soit la jouissance abusive du sol boisé et de sa superficie, tendaient à les restreindre, ou tout au moins à en diminuer l'importance. Déjà dans le midi, aux VIIIe et IXe siècles, les invasions des Sarrasins, Arabes, Maures et Berbères avaient fait fuir les populations des plaines et les avaient rejetées sur les hauts sommets des Alpes couverts d'épaisses forêts; elles y avaient défriché jusqu'aux rochers et bâti des villages (1). Quand les Sarrasins eurent été définitivement chassés du sol de la France, les populations reléguées dans la montagne sous la protection de bois impénétrables, purent redescendre dans la plaine ; mais elles n'y redescendirent pas toutes, et les habitudes prises, comme le fait observer M. de Ribbes, ne disparurent pas. Ce fut le premier début, l'aurore, si l'on peut ainsi dire, du déboisement de ces montagnes. Un peu plus tard, quand survinrent et se multiplièrent les chartes octroyées par les rois ou les grands vassaux, les gens des communes passant de l'état de servage à l'état d'hommes libres et de propriétaires, défrichèrent et mirent en culture des étendues plus ou moins considérables.

Ailleurs les *forestæ* elles-mêmes, quand leurs possesseurs voulaient retenir les populations autour de leurs manoirs, durent subvenir aux besoins de celles-ci, non seulement en bois de feu et de travail et en luminaire — car les bois résineux fournissaient des torches — mais encore en nourriture pour les bestiaux gros et petits : chevaux, bœufs, vaches, moutons, porcs. Cette jouissance, que ne limitait aucune règle à l'origine, dégénérait souvent en de véritables dévastations. Alors intervenaient, de la part

(1) Cf. Charles de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*. On doit pouvoir en dire autant de la région pyrénéenne où s'est conservé très vivace le souvenir des invasions sarrasines.

des *duces* et *comites* de l'ère carolingienne, et, plus tard, des seigneurs féodaux, des *concessiones*, qui n'étaient, dans le principe, que la régularisation, quelquefois aussi la restriction, de pratiques jusque-là toujours exercées et qui se trouvaient par là érigées en véritables droits d'usage.

L'exercice de ces droits, toutefois, ne tarda pas, lui aussi, malgré les règlements, à devenir abusif. Les concessions ou chartes les stipulant furent elles-mêmes accordées sans raison ni mesure, tantôt à des corporations ou communautés religieuses ou civiles, tantôt à des individus à titre viager ou même héréditaire, en tant qu'habitants de telle localité ou de telle maison à laquelle le droit était attaché : concessions par chartes authentiques de droit d'*affouage* pour les bois de feu (1) ; de droit de *maronnage* pour les bois destinés à réparer ou reconstruire les maisons ; de droit de *ramage* consistant à s'approprier les branches et rameaux nécessaires à la confection et à l'entretien des haies et clôtures ; ou bien du droit de se fournir de tout le bois nécessaire à la confection des outils et instruments de culture et des ustensiles de ménage (2) ; du droit de vaine pâture ; du droit de faînée ou glandée, appelé encore *panage* et *paisson*, permettant d'introduire les porcs en forêt lors de la faînée du hêtre ou de la glandée du chêne. On cite une *Charte* octroyée aux Normands par Louis le Hutin en 1315 (22 juillet), confirmée le 4 octobre 1533 par François Ier, concernant le droit aux *morts-bois*, c'est-à-dire aux bois d'essences inférieures, et les énumérant (3).

(1) Les seuls approvisionnements en bois de feu entraînaient de véritables hécatombes. Les vastes cheminées d'alors consumaient des arbres entiers en guise de bûches ; l'industrie du fer nécessaire à la confection des armures des chevaliers, des écuyers, des hommes d'armes de toute condition, exigeait également de très grandes quantités de bois, seul combustible alors connu.

(2) Le bois nécessité par la fabrication des araires, charrues et autres instruments aratoires, pour la confection des meubles et autres industries de la matière ligneuse, se prenait en quantité considérable en forêt.

(3) Les *morts-bois*, énumérés dans la *Charte aux Normands* de Louis X,

Mais la protection la plus efficace des forêts pour leur conservation dans la mesure nécessaire, est due à la politique constante des rois de France descendants de Hugues Capet.

Sous les faibles successeurs de Charlemagne, les forêts du domaine royal constitué par Clovis avec un tiers environ de l'ancien domaine gaulois de l'Empire romain — les deux autres tiers ayant été abandonnés à ses leudes — avaient peu à peu passé en la possession des seigneurs ou des abbayes, soit en donations accordées à celles-ci par la munificence des rois des deux premières races, soit en usurpations ou anticipations des officiers royaux, ou de toute autre manière. Impuissants à défendre leurs sujets, les derniers carolingiens ne l'étaient pas moins à défendre leur domaine. Quand la dynastie capétienne, élevée à la dignité royale par la féodalité naissante, eut établi sur les grands feudataires une prépondérance incontestée, elle eut pour objectif constant l'accroissement du domaine royal, et chaque fois que par mariage, traité ou conquête, une des principautés ou grandes seigneuries vassales ou étrangères faisait retour ou accession à la Couronne, le domaine privé du précédent seigneur, duc, comte ou baron, était incorporé au domaine du roi, c'est-à-dire au domaine de l'État. Car, dans l'ancienne France, le domaine de la Couronne se confondait avec celui de la nation. Et le plus beau fleuron de cette couronne, dit Alfred Maury, « c'étaient ces grandes forêts remplies d'arbres séculaires, débris de celles que César avait rencontrées en traversant les Gaules ».

Il n'est que trop vrai, des parcelles souvent importantes de ce domaine en furent détachées à diverses époques en

sont les saules et marsaules, les épines (blanches probablement), les *puisnes* (? épine noire ou cornouiller sanguin ?), les aulnes, les *seurs* ou sureaux, les genêts, les genévriers et les *rouches* ou ronces. Dans cette énumération, d'ailleurs incomplète (il est vrai qu'elle ne concernait que la Normandie), figurent trois essences, savoir le saule, le marceau et l'aune qui ne sont aujourd'hui nullement considérés comme morts-bois.

faveur de seigneurs de la cour ou autres, soit en récompense de services rendus, soit, comme l'exprime M. Huffel, par suite de « l'avidité, l'importunité, les sollicitations des courtisans ». Chacun des rois qui ceignait la couronne s'efforçait, d'après cet auteur, « de faire rendre gorge aux courtisans du règne précédent, sauf à gratifier ceux qui l'entouraient ». Mais, ajoute M. Huffel, « l'avidité et la constance des seigneurs furent plus efficaces que l'autorité royale elle-même » (1).

A l'appui des assertions relatant ces abus, on nous cite les tentatives des rois de France pour y échapper. François Ier proclamant, en 1539, l'inaliénabilité du domaine royal, n'aurait fait que confirmer un principe bien antérieur à l'avènement des Valois. Ce seraient « les aliénations ou dons trop souvent scandaleux », suivant les expressions de notre auteur, de Charles IX, qui auraient provoqué, à l'instigation du chancelier De L'Hospital, le célèbre *édit de Moulins* (février 1566), dans lequel ce roi s'engageait solennellement, pour lui et ses successeurs, à s'interdire toute nouvelle aliénation des biens de la couronne, ce qui ne l'empêcha pas de vendre, dans la même année et en trois des années suivantes, des forêts du domaine avec, il est vrai, la condition de faculté perpétuelle de rachat.

A Charles IX succéda son frère Henri III, qui confirma en 1579 l'édit de Moulins, et, révoquant les ventes ou cessions de ses prédécesseurs, réunit de nouveau au domaine les biens qui en avaient été distraits, mais en faisant rembourser le prix de celles de ces ventes qui avaient été suivies de paiements effectifs. Et cependant, durant les années suivantes, Henri III « consentit encore plus d'aliénations que n'en avait fait aucun de ses prédécesseurs » (2).

(1) ÉCONOMIE FORESTIÈRE, t. I, pp. 222 et 223.

(2) *Ibid.*, t. I, p. 222. Il nous paraît juste d'ajouter que la plupart ou au moins un grand nombre des aliénations de forêts ainsi consenties par nos rois, l'étaient sous la forme de l'*Engagement;* cela consistait à concéder

Quand Henri IV accéda au trône, les 82 000 hectares de forêts (ou classés comme telles) qui lui appartenaient en propre dans la région pyrénéenne, furent, suivant la coutume, réunies au domaine de la couronne, et l'on ne dit pas que des aliénations nouvelles aient eu lieu sous son règne. Mais depuis lors, ses successeurs, Louis XIII, Louis XIV lui-même, après avoir, en 1669, fait rentrer à la Couronne bon nombre de forêts engagées, puis Louis XV, et enfin la Constituante, par diverses lois rendues en 1790, consentirent ou prescrivirent, sous diverses formes, des aliénations de forêts de l'État.

Pour en finir avec cette question, observons que, sous la Restauration, forcée de liquider le lourd passif légué par le règne antérieur, la loi des finances du 23 septembre 1814 et la loi du 25 mars 1817 en faveur de la caisse d'amortissement avaient prescrit l'aliénation, la première de 300 000 hectares de forêts du Domaine, la seconde de 150 000 hectares de même provenance. Mais ajoutons que les effets de la loi de 1814 furent arrêtés en 1816, après l'aliénation seulement de 45 900 hectares, et qu'il ne fut aliéné, en vertu de la loi de 1817, que 123 000 hectares ; ce qui fait un total en nombre rond de 169 000, soit les trois huitièmes seulement de l'étendue prévue et votée. Sous le règne de Louis-Philippe, l'aliénation des forêts de l'État fut, pour la première fois, dans les vues du ministre Laffite, considérée non plus comme un expédient dans des moments difficiles, mais comme un système financier. Une loi fut promulguée le 25 mars 1831, en vertu de laquelle il fut aliéné entre cette date et l'année

une sorte d'usufruit héréditaire de biens de la Couronne, de forêts le plus souvent, comme gage et garantie d'avances de fonds faites par les engagistes. Que ces abandons de jouissance, équivalant parfois à des dons purs et simples, aient souvent dégénéré en abus, cela n'est pas contesté. Du moins ne revêtaient-ils pas nécessairement le caractère de faveurs gratuites qui avaient été arrachées par l'indiscrète obsession de ceux qui en étaient l'objet. Souvent aussi les domaines engagés ont fait retour à la couronne, comme il a été dit plus haut. On en peut citer des exemples sous les règnes de Philippe le Long, Charles IV, Charles V, Louis XI, François Ier, Charles IX, Louis XIV, le Régent pendant la minorité de Louis XV.

1848, 188 000 hectares de forêts (1). En 1850, M. Fould reprenant la politique financière de M. Laffite, obtint de l'Assemblée nationale, qui du reste n'y consentit qu'à regret, l'autorisation d'aliéner 50 000 hectares.

Sous le Second Empire, c'est-à-dire de 1852 à 1870, de nombreuses aliénations de forêts de l'État furent encore autorisées. D'après M. Becquerel (2), de 1852 à 1864, il en a été vendu 62 691 hectares. Les forêts domaniales ayant été, par la loi du 11 juillet 1866, affectées à la caisse d'amortissement, la loi des finances du 18 du même mois prescrivit d'aliéner des forêts et de vendre des coupes extraordinaires jusqu'à concurrence de 2 500 000 francs. D'autres aliénations encore furent réalisées durant le règne, que l'on peut évaluer à 48 000 hectares environ (3). Le plus souvent, c'est avec autorisation de défricher que furent faites les mises en vente (4).

(A suivre). C. DE KIRWAN.

(1) Tous ces chiffres résultent des données fournies par M. Huffel, *op. cit.*, pp. 226 et suiv.

(2) Mémoire lu à l'Académie des sciences. *Comptes rendus*, séance du 22 mai 1865.

(3) Il n'y a pas un parfait accord sur l'étendue des forêts aliénées de 1814 à 1870. M. Huffel, dans une note au bas de la page 228 de son tome 1er, s'exprime ainsi : « La contenance totale des bois domaniaux aliénés de 1814 à 1870 est de 358 912 hectares. » Or, en additionnant les chiffres partiels énoncés dans le texte, on arrive à un résultat sensiblement différent :

45 900	hect.	aliénés	en vertu de la loi des finances de 1814 (p. 226) ;	
123 000	»	»	»	loi du 25 mars 1817 (p. 227) ;
188 166	»	»	»	loi du 25 mars 1851 (d°) ;
62 691	»	aliénés de 1852 à 1864 d'après M. Becquerel ;		

Total 419 757 hectares, non compris les aliénations effectuées en vertu de la loi de 1850 et celles qui ont eu lieu de 1864 à 1870, évaluées à 48 000 hectares.

Les données de M. Becquerel seraient encore inférieures. Il ne porte qu'à 216 000 hectares les aliénations opérées de 1820 à 1851. Et, d'après les chiffres indiqués par M. Huffel, pp. 226 et 227, le nombre d'hectares aliénés dans cette période serait de 357 065 — 45 900 = 311 165 hectares. Ajoutons que, deux pages plus haut, le même auteur évalue à 359 000 hectares les forêts domaniales vendues de 1814 à 1870.

(4) Nous ne pouvons considérer, avec M. Huffel, comme « aliénations » véritables et comme « cédées gratuitement aux dépens du domaine de l'État », les 24 667 hectares restitués à la Maison d'Orléans par l'Assemblée nationale en 1872 ; car il s'agissait d'une restitution en toute justice de biens arbitrairement confisqués aux princes de cette maison par decret présidentiel du 22 janvier 1852.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre XVII

LA COORDINATION DES LOIS DE LA STATIQUE *(suite)*

6. *Le parallélogramme des forces et la Dynamique*
Les Observations *de Roberval*
Pierre Varignon (1654-1722) — *La* Lettre *du P. Lamy*
Les Principes *de Newton* — *La* Néo-Statique
du P. Saccheri

En dépit des critiques, bien mal justifiées, de Borelli, la loi de la composition des forces apparaîtra bientôt aux mécaniciens comme le principe qui doit servir à débrouiller toutes les questions de Statique. Dès lors, il y va de l'honneur de ce principe qu'il soit rendu indépendant de toute autre loi relative à l'équilibre, qu'il soit séparé des considérations sur le levier ou sur le plan incliné dont il découlait jusqu'ici ; il faut qu'on y parvienne d'emblée, à partir des lois premières du mouvement.

Cette justification directe par les principes de la Dynamique, la règle de la composition des forces va la trouver en remontant à ses toutes premières origines, aux raisonnements des Μηχανικὰ προβλήματα.

Aristote ou l'auteur, quel qu'il soit, des *Quæstiones*

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, juillet 1904, p. 9, octobre 1904, p. 394, janvier 1905, p. 96, avril 1905, p. 462, juillet 1905, p. 115, octobre 1905, p. 508, janvier 1906, p. 115, et avril 1906, p. 383.

mechanicæ connaissait fort bien la règle de composition des vitesses. Or, pour lui, nous l'avons dit (1), connaître la loi de la composition des vitesses, c'était connaître la loi de la composition des forces, car, en vertu de l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne, une force constante produit un mouvement uniforme et la vitesse de ce mouvement est proportionnelle à la force qui l'engendre. On peut donc dire, si l'on veut, que la loi de la composition des forces a été connue dès l'antiquité. Si les auteurs modernes, si Léonard de Vinci, Stevin et Roberval se sont efforcés à la démonstration de cette loi, c'est qu'ils voulaient des preuves purement statiques, des preuves qui ne supposassent pas la proportionnalité entre la force qui meut et la vitesse du mobile ; la raison de ces efforts apparaissait très clairement à Stevin, qui regardait la Dynamique péripatéticienne comme condamnée et ne savait encore quelle Dynamique prendrait sa place.

Comme Stevin, Descartes pensait, nous l'avons vu, que l'ancienne Dynamique était à refaire, que la Dynamique nouvelle n'était pas encore faite ; il importait, par conséquent, de fonder la science de l'équilibre, au moins provisoirement, sur des postulats autonomes, sur des axiomes dont la certitude ne dépendît pas de la forme qui serait attribuée aux lois du mouvement.

A l'égard du principe péripatéticien qui affirme la proportionnalité entre la force et la vitesse, Roberval, lui aussi, éprouvait quelques doutes ; témoin ce passage que nous lisons dans son *Traicté de Méchanique* inédit (2) :

« Et quoyque la force ou impression augmente, et en conséquence la vistesse, il ne faut pas croire pourtant que cette vistesse augmente à proportion. Pour exemple, il ne faut pas croire qu'une double force ou impression cause à un mesme corps, une double vistesse, encore que toutes

(1) V. Chapitre VI, n° 2.

(2) *Traicté de Méchanique et spécialement de la conduitte et élevation des eaux*, par Monsieur de Roberval (Bibliothèque nationale, fonds latin, Ms. n° 7226, fol. 145, recto).

les autres conditions soient pareilles. Au contraire, pour causer une double vistesse, il faudroit souvent plus que le double de l'impression, sans pourtant qu'on sçache l'augmentation de l'une à proportion de l'autre, qui est une vérité fort difficile à découvrir. »

Le scrupule dont témoigne ce passage est malheureusement isolé dans l'œuvre de notre géomètre ; partout ailleurs, Roberval raisonne en péripatéticien.

Cet auteur, nous l'avons vu (1), est le premier qui ait publié des démonstrations statiques correctes de la règle de composition des forces ; il en a donné deux, dont la seconde, tirée de l'axiome que Descartes devait formuler d'une manière générale, est fort belle. Néanmoins, pour avoir adopté l'idée que la loi du parallélogramme des forces devait être justifiée par des méthodes purement statiques et avoir assuré le succès de cette idée, il n'a pas jugé qu'il fût tenu d'abandonner l'antique manière de voir d'Aristote.

En mourant (1675), Roberval laissa, en manuscrit, ses *Observations sur la composition des mouvemens, et sur le moyen de trouver les touchantes des lignes courbes* (2), qui sont un de ses grands titres à la gloire géométrique. La Mécanique n'apparaît que d'une manière fort accessoire en cet ouvrage, mais elle y apparaît sous une forme nettement péripatéticienne.

« Puissance, dit Roberval (3), est une force mouvante ; Impression est l'action de cette puissance ; la Ligne de direction de la puissance est celle par laquelle la puissance meut le mobile... Nous avons encore défini la

(1) V. chapitre XIII, 2.

(2) *Divers ouvrages* de M. Personier *(sic)* de Roberval *Observations sur la Composition des Mouvemens et sur le moyen de trouver les Touchantes des lignes courbes*. Imprimé une première fois dans le recueil intitulé : DIVERS OUVRAGES DE MATHÉMATIQUES ET DE PHYSIQUE PAR MESSIEURS DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, à Paris, MDCXCIII, et réimprimé dans les MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES depuis 1666 jusqu'à 1699 ; Tome VI, MDCCXXX ; p. 1.

(3) Roberval, *loc. cit.*, p. 2.

puissance en tant qu'elle nous peut servir considérant les diversités des mouvemens, ce qui n'empêche pas que dans d'autres spéculations, nous n'entendions par le mot de puissance une force capable de soutenir un poids ou de quelque autre effet. »

D'ailleurs, un peu plus loin (1), Roberval considère « dans les corps deux sortes d'impressions qui les peuvent faire mouvoir ; l'une qui les chasse d'un lieu vers un autre avec violence : telle est celle que la raquette donne à la bale, la corde d'un arc à la flèche, etc. L'autre qui se fait par attraction des corps, soit que cette attraction soit réciproque ou non... »

Il n'est donc point douteux que, parmi les *puissances* dont il considère l'*impression*, Roberval ne range le poids, la « vertu de l'aiman » (2), et les autres forces.

« Généralement (3), en ce Traité, nous considérerons deux choses dans les mouvements, leur direction et leur vitesse. »

Que la direction du mouvement coïncide avec la *ligne de direction* de la puissance qui le produit, c'est ce qui résulte de la définition même que notre géomètre a donnée des mots : *ligne de direction* ; c'est ce qui résulte encore sans ambiguïté possible de propositions telles que celle-ci :

« La direction (4) d'une puissance mouvant un mobile, lequel par son mouvement décrit une circonférence de cercle, est la ligne perpendiculaire de l'extrémité du diamètre, au bout duquel le mobile se trouve. »

Cette proposition est trop exactement conforme à la Dynamique péripatéticienne pour ne nous point annoncer que Roberval accepte l'axiome même sur lequel repose cette Dynamique, la proportionnalité entre l'*impression* d'une *puissance* et la vitesse du mouvement uniforme qu'elle engendre. En dépit du doute émis en son *Traicté*

(1) Roberval, *loc. cit*, p. 9.
(2) Id., *ibid.*, p. 10.
(3) Id., *ibid.*, p. 2.
(4) Id., *ibid.*, p. 3.

de Méchanique, cet axiome semble si évident au professeur du Collège de France qu'il ne songe, nulle part, à en demander l'acceptation ; mais il l'invoque de la manière la plus claire, et cela précisément pour identifier le problème de la composition des forces avec le problème de la composition des mouvements ou des vitesses :

« Or nous entendons (1) qu'un mouvement est composé de plusieurs mouvemens, lors que le mobile duquel il est le mouvement, est meû par diverses impressions... »

« Mais nous remarquerons (2) qu'en cette première composition de mouvemens (deux mouvements uniformes de directions fixes) et généralement en toutes les autres, nous pouvons considérer six choses. Sçavoir trois directions qui sont les deux simples, et la composée, et trois impressions qui sont les deux simples et la composée. »

« Or si les trois directions nous sont données, les trois impressions sont aussi données, *c'est à dire les proportions des vitesses des trois mouvemens.* »

Ainsi donc, dans ses *Observations sur la composition des mouvemens*, Roberval ramène la règle de la composition des forces à la Dynamique, mais à la Dynamique péripatéticienne ; son écrit se soude de la manière la plus naturelle aux *Quæstiones mechanicæ* et aux *Causes* de Charistion.

Aux *Observations sur la composition des mouvemens* est annexé (3) le *Projet d'un livre de Mécanique traitant des mouvemens composez ;* ce livre, dont deux feuillets nous font connaître seulement l'avant-propos, eût, assurément, été rédigé dans le même esprit péripatéticien que les *Observations*.

Les *Observations* de Roberval furent imprimées seulement en 1693, longtemps après la mort de l'auteur ; mais la doctrine sur les mouvements composés qui s'y trouvait renfermée, la méthode pour « tirer les touchantes

(1) Roberval, *loc. cit.*, p. 4.
(2) Id., *ibid.*, p. 6.
(3) Id., *ibid.*, p. 90.

aux lignes courbes » qui s'en déduisait, furent assurément connues beaucoup plus tôt, soit par tradition orale issue de l'enseignement que Roberval donnait au Collège de France, soit par communication de manuscrits. Les pensées contenues en cet écrit semblent avoir exercé une profonde influence sur les recherches de Varignon.

« Dès que M. Varignon eut découvert (1) que les mouvemens composez expliquoient avec une grande facilité l'emploi des forces dans les Machines ; qu'ils donnoient exactement les rapports de ces forces, selon quelque direction qu'on les y supposât placées, avantage qui manquoit aux méthodes que l'on avait suivies avant lui ; il s'attacha à en faire l'application aux Machines simples ; et en 1685, dans l'*Histoire de la République des Lettres*, il donna un Mémoire sur les poulies à moufles (2), dans lequel il se servoit des mouvemens composez pour déterminer tout ce que l'on peut désirer sur cette espèce de Machine. »

En 1687, Pierre Varignon se fit connaître du public par son *Projet d'une nouvelle Méchanique* (3), dédié à

(1) Avertissement à la *Nouvelle Mécanique* de Varignon.

(2) Pierre Varignon, *Démonstration générale de l'usage des poulies à moufle* (HISTOIRE DE LA RÉPUBLIQUE DES LETTRES, mai 1687, p. 487). Je n'ai pu me procurer cet écrit. Je transcris ici ce qu'en dit Lagrange (*Mécanique Analytique*, Première Partie, Section I, Art. 13) : « L'auteur y considère l'équilibre d'un poids soutenu par une corde qui passe sur une poulie, et dont les deux parties ne sont pas parallèles. Il n'y fait point usage ni même mention du principe de la composition des forces, mais il emploie les théorèmes déjà connus sur les poids soutenus par des cordes, et il cite les Statiques de Pardis et de Dechales. Dans une seconde démonstration, il réduit la question au levier, en regardant la droite qui joint les deux points où la corde abandonne la poulie, comme un levier chargé du poids appliqué à la poulie, et dont les extrémités sont tirées par les deux portions de la corde que soutient la poulie. » On voit donc, comme le remarque Lagrange, que l'avertissement à la *Nouvelle Mécanique* « manque d'exactitude » en prétendant que Varignon « se servoit des mouvemens composez » dans son travail sur les poulies à moufle.

(3) *Projet d'une nouvelle méchanique* avec un examen de l'opinion de M. Borelli sur les propriétez des poids suspendus par des cordes. (Sans nom d'auteur). A Paris, chez la veuve d'Edme Martin, Jean Boudot et Estienne Martin, ruë S. Jacques, au Soleil d'or, MDCLXXXVII.

l'Académie des Sciences. Il ne cessa, sa vie durant, de travailler au traité de Statique dont ce *Projet* traçait le plan ; mais ce traité (1) ne parut que trois ans après sa mort, imprimé par les soins de Beaufort et de l'abbé Camus.

Le *Projet d'une Nouvelle Méchanique* débute par une préface où Varignon initie le lecteur aux démarches par lesquelles son esprit a acquis une vue claire des lois de l'équilibre ; l'auteur pense sans doute, par cette confidence, nous faire admirer l'originalité de ses intuitions et la rare profondeur de ses méditations ; mais cet objet n'est qu'imparfaitement atteint ; nous reconnaissons bientôt, dans les réflexions de Varignon, une suite de pensées qu'il est fort habituel de rencontrer dans les traités de Mécanique composés peu de temps avant le sien ; en sorte que ce qui nous frappe, dans l'œuvre de ce géomètre, c'est bien moins la force et la nouveauté des pensées qu'elle contient que la clarté et la fidélité avec lesquelles elle reflète les idées de ses contemporains.

« A l'ouverture du second Tome des Lettres de Monsieur Descartes, dit Varignon (2), je tombai sur un endroit de la 24 où il est dit que *c'est une chose ridicule que de vouloir employer la raison du Levier dans la Poulie.* Cette réflexion m'en fit faire une autre : Sçavoir s'il est plus raisonnable de s'imaginer un levier dans un poids qui est sur un plan incliné que dans une poulie. Après y avoir pensé, il me sembla que ces deux machines étant pour le moins aussi simples que le levier, elles n'en devoient avoir aucune dépendance, et que ceux qui les y rapportoient, n'y étoient forcez que parce que leurs principes n'avaient

(1) *Nouvelle Mécanique ou Statique dont le projet fut donné en* MDCLXXXVII. Ouvrage posthume de M. Varignon, des Académies Royales des Sciences de France, d'Angleterre et de Prusse, Lecteur du Roy en Philosophie au Collège Royal, et Professeur de Mathématiques au Collège Mazarin. A Paris, chez Claude Jombert, ruë S. Jacques, au coin de la ruë des Mathurins, à l'Image Notre-Dame, MDCCXXV.

(2) Varignon, *Projet d'une nouvelle Méchanique,* Préface.

pas assez d'étenduë pour en pouvoir démontrer les propriétez indépendamment les unes des autres...

» C'est peut-être ce qui a porté M. Descartes et M. Wallis à prendre une autre route ; quoi qu'il en soit, ce n'a pas été sans succez : puisque celle qu'ils ont suivie, conduit également à la connaissance des usages de chacune de ces machines, sans être obligé de les faire dépendre l'une de l'autre ; outre qu'elle a mené M. Wallis beaucoup plus loin qu'aucun Autheur, que je sçache, n'eût encore été de ce côté là.

» La comparaison que je fis de ces deux sortes de principes, me fit sentir que ceux d'Archimède n'étoient ny si étendus, ny si convainquants que ceux de M. Descartes et de M. Wallis ; mais je ne sentis point que les uns ni les autres m'éclairassent beaucoup : J'en cherchai la raison, et ce défaut me parut venir de ce que les autheurs se sont tous plus attachés à prouver la nécessité de l'équilibre, qu'à montrer la manière dont il se fait.

» Ce fut ce qui me fit résoudre à prendre le parti d'épier moi-même la nature, et d'essayer si, en la suivant pas à pas, je ne pourrais point apercevoir comment elle s'y prend pour faire que deux puissances, soit égales, soit inégales, demeurent en équilibre. Enfin je m'appliquai à chercher l'équilibre lui-même dans sa source, ou pour mieux dire, dans sa génération. »

Varignon donne alors un exemple de cette méthode qui permet de découvrir la génération même de l'équilibre ; il analyse l'équilibre d'un corps sur un plan incliné ; il montre comment la tension du fil qui retient le corps et la pesanteur de cette masse ont une résultante précisément normale au plan. Il ne dit rien à cet égard qui ne se trouve déjà dans Stevin, qui n'ait été maintes fois reproduit par Mersenne, par Herigone, par Wallis, par tous ceux qui ont écrit au sujet de la Statique.

« Après avoir ainsi trouvé la manière dont l'équilibre se fait sur des plans inclinez, je cherchai par le même

chemin comment des poids soutenus avec des cordes seulement, ou appliquez à des poulies, ou bien à des leviers, font l'équilibre entr'eux, ou avec les puissances qui les soutiennent; et j'aperçus de même que tout cela se faisoit encore par la voye des mouvemens composez, et avec tant d'uniformité que je ne pus m'empêcher de croire que cette voye ne fût véritablement celle que suit la nature dans le concours d'action de deux poids, ou de deux puissances, en faisant que leurs impressions particulières, quelque proportion qu'elles ayent, se confondent en une seule qui se décharge tout entière sur le point où se fait cet équilibre : De sorte que la raison Physique des effets qu'on admire le plus dans les machines me parut être justement celle des mouvemens composez...

» Des vuës si étenduës me surprirent, et l'évidence avec laquelle le détail de tout cela me paroissoit, indépendamment même du général, me confirma encore dans l'opinion où j'étois, qu'il faut entrer dans la génération de l'équilibre pour y voir en soi, et pour y reconnoître les propriétez que tous les autres principes ne prouvent, tout au plus, que par nécessité de conséquence. »

Comment Varignon est-il arrivé à cette opinion « que la raison physique des effets qu'on admire le plus dans les machines est justement celle des mouvemens composez » ? On n'en saurait douter : Il y est parvenu par la voie même que Roberval a suivie dans ses *Observations* ; il y a été conduit par les principes de la Dynamique péripatéticienne dont il ne semble avoir douté en aucun de ses écrits de Statique.

Non seulement Varignon ne révoque pas en doute l'axiome fondamental de la Dynamique d'Aristote, mais il le formule explicitement (1), il en fait l'axiome premier d'où découleront toutes ses déductions : « Les espaces, dit-il, que parcourt un même corps, ou des corps égaux

(1) Varignon, *Projet d'une nouvelle Méchanique*, p. 1, Axiome.

dans des tems égaux, sont entre-eux comme les forces qui les meuvent ; et reciproquement lorsque ces espaces sont entre-eux comme ces forces, elles les font parcourir au même corps, ou à des corps égaux en tems égaux. »

Mais peut-être objectera-t-on que la similitude entre l'axiome d'Aristote et l'axiome de Varignon est une similitude apparente ; que la proposition énoncée par Varignon s'accorderait avec la Dynamique moderne, pourvu que les corps considérés partissent du repos ; que cette restriction était sans doute présente à l'esprit de Varignon, mais qu'il a négligé de la formuler.

Si l'opinion que nous avons émise pouvait être ébranlée par ces doutes, il nous suffirait, pour la raffermir, de lire le début de la *Nouvelle Mécanique*.

Après avoir déclaré (1) que la Pesanteur est une force ; que « c'est sur cette mesure que se fait d'ordinaire l'estimation de toutes les autres forces moins connuës,... de sorte que l'on dit d'une force quelconque, qu'elle est d'une livre, de trois, etc. », Varignon formule ses axiomes ; et, dans la liste des postulats qu'il énumère, nous trouvons ceux-ci :

« I. Les effets sont toûjours proportionnels à leurs causes ou forces productrices, puisqu'elles n'en sont les causes qu'autant qu'ils en sont les effets, et seulement en raison de ce qu'elles y causent. »

. . . . . .

« VI. Les vîtesses d'un même corps, ou de corps de masses égales, sont comme les forces motrices qui y sont employées, c'est-à-dire, qui y causent ces vîtesses ; réciproquement lorsque les vîtesses sont en cette raison, elles sont celles d'un même corps, ou de corps de masses égales. »

« VII. Les espaces parcourus de vîtesses uniformes en tems égaux par des corps quelconques, sont entr' eux

(1) Varignon, *Nouvelle Mécanique ou Statique*, tome I, p. 3.

comme ces mêmes vîtesses ; et réciproquement lorsque ces espaces sont en cette raison, ils ont été parcourus en tems égaux. »

« VIII. Les espaces parcourus en tems égaux par un même corps, ou par des corps de masses égales, sont comme les forces qui les leur font parcourir ; et réciproquement lorsque ces espaces sont en cette raison, ils sont parcourus en tems égaux par un même corps, ou par des corps de masses égales. Cet Axiome-ci est un Corollaire des deux précédens. Ax. 6. 7. »

« Le mot *vîtesse* dans la suite y signifiera toujours *vîtesse uniforme*, à moins qu'on n'y avertisse du contraire. »

Il est impossible de formuler avec plus de netteté l'Axiome dynamique constamment invoqué dans les *Physicæ Auscultationes* et dans le *De Cœlo*, supposé dans les *Quæstiones mechanicæ ;* et, certes, on ne peut sans stupeur songer que celui qui affirme cet axiome d'une manière si claire et si explicite est un mécanicien illustre, contemporain de Newton. L'erreur est vivace ; la déraciner entièrement est long et difficile ; toujours, de quelque souche que l'on croyait morte, pousse un surgeon imprévu ; de cette vitalité de l'idée fausse, les opinions que Varignon professait en Dynamique sont un saisissant exemple.

Puisque Varignon admet les principes de la Dynamique d'Aristote, la loi de la composition des forces ne saurait offrir à ses yeux aucune obscurité ; elle est ramenée à la loi de composition des vîtesses et s'obtient (1) par la méthode même qu'a suivie Roberval.

Une fois le principe de la composition des forces ainsi établi, Varignon y ramène tous les cas d'équilibre que l'on peut rencontrer dans les machines ; en tous ces cas, les forces résultantes sont annihilées par les appuis. Ce que sont les procédés de réduction employés, à quel point ils

(1) Varignon, *Projet d'une nouvelle Méchanique*, p. 6. — *Nouvelle Mécanique ou Statique*, tome I, p. 14.

sont presque toujours ingénieux, mais trop souvent artificiels, il n'est pas utile que nous le marquions en détail. Beaucoup de ces procédés, devenus classiques, sont encore en usage dans l'enseignement.

C'est seulement dans la *Nouvelle Mécanique* (1) que Varignon est parvenu au théorème célèbre que nous énonçons aujourd'hui sous cette forme : *Par rapport à un point quelconque pris dans leur plan commun, le moment de la résultante de deux forces est égal à la somme algébrique des moments des composantes.* Grâce à ce beau théorème, son nom est aujourd'hui connu du plus humble étudiant en Mécanique. Cependant, il n'eut pas grand effort à faire pour le découvrir.

Léonard de Vinci avait déjà aperçu la vérité de cette proposition dans le cas où le point auquel on rapporte les moments est pris sur la direction de l'une des trois forces ; l'un des moments est alors égal à zéro. Sous cette forme, Stevin l'avait retrouvée et publiée ; après lui, Roberval, Herigone, Wallis, De Challes, Casati, Pardies, Borelli, l'avaient tous reproduite. Une généralisation bien aisée suffisait à donner le théorème qu'expose la *Nouvelle Mécanique*. Cependant, l'écolier qui répète le nom de Varignon ignore celui de Simon Stevin.

La réduction systématique de la Statique à la règle de composition des forces concourantes ne s'offrit pas seulement à l'esprit de Varignon ; elle se présenta en même temps aux méditations du P. Lamy. Celui-ci exposa ses idées, en 1687, sous forme d'une lettre (2) adressée « à

(1) Varignon, *Nouvelle Mécanique*, Section première, Lemme XVI ; tome I, p. 84.

(2) *Nouvelle manière de démontrer les principaux théorèmes des élémens des Méchaniques.* Pour servir d'addition au Traité de Méchanique du R. P. Lamy, Prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë S. Jacques, à l'Occasion. MDCLXXXVII. — Les quelques pages dont se compose cet opuscule furent, en effet, accolées aux anciens *Traitez de Méchanique* du P. Lamy, dont le faux-titre fut également changé et remplacé par celui-ci : *Traitez de Méchanique, de l'équilibre des solides et des liqueurs.* Nouvelle édition. Où l'on ajoûte une nouvelle manière de

Monsieur de Dieulamant, Ingénieur du Roy, à Grenoble ».

Citons quelques passages de cette lettre : « 1° Lorsque deux forces tirent le corps Z (fig. 109) par les lignes AC et BC qu'on appelle lignes de *direction* de ces deux forces, il est évident que le corps Z n'ira pas ni sur la ligne AC, ni sur la ligne BC, mais par une autre ligne entre AC et BC, quelle que soit cette ligne que je nomme X, qui sera le chemin par lequel Z marchera.

» 2° Si le chemin X étoit fermé, alors Z qui est déter-

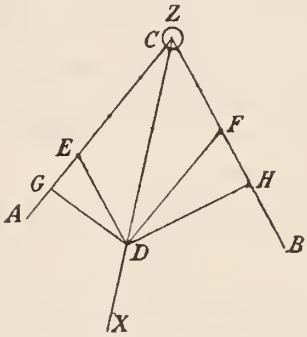


fig. 109.

miné à marcher par ce chemin demeureroit immobile, ainsi les forces seroient en équilibre... »

« 4° Force, c'est ce qui peut mouvoir. On ne mesure les mouvemens que par les espaces qu'ils parcourent. Supposons donc que la force A est à B comme 6 est à 2. Donc si A dans un premier instant tiroit à soi le corps Z jusqu'au point E, dans le même instant, B ne l'auroit tiré que jusques en F ; je suppose que CF n'est qu'un tiers de CE. Nous avons vû que Z ne peut pas aller par AC ni par BC ; ainsi il faut que dans le premier instant, il vienne à D où il répond à E et à F, c'est à dire qu'il a parcouru la valeur de CE et de FC.

démontrer les principaux théorèmes de cette Science. Par le P. Lamy, Prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë S. Jacques, à l'Occasion. MDCLXXXVII.

» Tout le monde convient de cela... »

« 6° Cette ligne X a ce rapport avec les lignes de direction des deux forces A et B que, de quel qu'un de ses points qu'on mène deux perpendiculaires sur ces deux lignes, elles sont entre elles réciproquement comme ces forces, ou comme DE à DF. »

Après avoir réduit à la composition des forces la théorie du plan incliné et du treuil, la loi d'équilibre d'une verge soutenue par deux cordes, etc., le P. Lamy ajoute : « Je ne crois donc pas qu'on puisse souhaiter un principe plus simple et plus fécond pour résoudre tous les problèmes qu'on peut faire sur les Méchaniques, et déterminer exactement la force de toutes les machines, de quelque manière qu'on leur applique les forces dont on se sert pour les remuer. »

L'analogie était très grande entre les idées que Varignon exposait dans son *Projet d'une Nouvelle Méchanique* et celle que le P. Lamy esquissait en même temps dans la lettre à M. de Dieulamant. Aussi, dans l'*Histoire des Ouvrages des Sçavans* de 1688, Basnage accusa-t-il le P. Lamy de plagiat à l'égard de Varignon : « Il y a apparence, disait-il, que le P. Lamy doit à M. Varignon la découverte de ces nouveaux principes de Méchanique. » Le P. Lamy se défendit (1) très vivement contre cette accusation et affirma l'indépendance non douteuse de sa découverte par rapport aux recherches de Varignon.

Le P. Lamy eût été en droit de signaler une différence entre la démonstration qu'il donnait de la loi du parallélogramme des forces et celle qu'en donnait Varignon, et de tirer vanité de cette différence ; elle était cependant bien minime en apparence ; elle consistait toute dans l'in-

(1) La *Nouvelle édition* des *Traitez de Méchanique* du P. Lamy se termine par un *Extrait du Journal des Sçavans* du Lundy 13 septembre 1688. Mémoire servant de Réponse à ce que l'Auteur de l'Histoire des ouvrages des Sçavans dit au mois d'avril 1688, art. 3, touchant une lettre où le P. Lamy proposa l'année dernière une nouvelle manière de démontrer les principaux Théorèmes des Élémens de Méchanique.

troduction de ces quelques mots : « Dans le premier instant » ; mais elle était bien profonde en réalité, puisque d'un raisonnement qui rapportait la loi de la composition des forces à la Dynamique péripatéticienne, elle faisait un raisonnement capable de rattacher la même loi à la Dynamique moderne. Il est bien vrai, en effet, selon cette Dynamique, que si diverses forces, constantes ou variables, agissent successivement sur un même mobile partant du repos, les vitesses qu'elles lui communiquent au bout d'un temps infiniment petit, le même pour toutes, sont proportionnelles aux intensités de ces forces.

En même temps donc qu'il proposait de réduire toute la Statique à un principe unique, représenté par la règle de la composition des forces, le P. Lamy parvenait à tirer cette règle des lois d'une Dynamique exacte. Or, au moment même où il adressait sa lettre à M. de Dieulamant, Newton faisait paraître son immortel ouvrage (1) sur les Principes mathématiques de la Philosophie naturelle. Le grand géomètre se proposait, lui aussi, de tirer des principes sur lesquels repose la science du mouvement une justification de la loi de la composition des forces ; il y parvenait en suivant exactement la même voie que le P. Lamy ; peut-être marquait-il cette voie d'une manière un peu moins claire que ne l'avait fait le savant oratorien.

A chaque force, Newton fait correspondre (2) ce que l'on pourrait nommer une *force instantanée*, ce qu'il désigne par les mots : *vis impressa*. Au sujet de cette *vis impressa*, il donne cette indication : « Consistit hæc vis in actione sola, neque post actionem permanet in corpore. » Il semble que sous cette formule, trop concise pour être claire, il faille deviner la pensée suivante : La *vis impressa* est l'effet produit par une force qui agit sur

(1) *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, auctore Isaaco Newtono. Londini, MDCLXXXVII.

(2) Newton, *loc. cit.*, Definitiones. Definitio IV.

un mobile pendant un temps infiniment petit, choisi une fois pour toutes.

La *vis impressa* détermine alors le mobile à se mouvoir en ligne droite, d'un mouvement uniforme dont, pour un mobile donné, la vitesse est proportionnelle à l'intensité de la force qui a été appliquée pendant un instant. De là, Newton tire sans peine la démonstration (1) de la loi du parallélogramme des forces.

Lorsque nous comparons aujourd'hui la déduction par laquelle Newton et le P. Lamy ont obtenu la loi de composition des forces concourantes à la voie par laquelle Varignon est parvenu au même résultat, nous faisons entre ces deux méthodes une extrême différence. Varignon obtient la loi du parallélogramme des forces au moyen de la loi de composition des vitesses et de cet axiome : Une force est dirigée comme la vitesse du mouvement qu'elle produit ; elle est proportionnelle à cette vitesse. Newton et le P. Lamy, au contraire, font usage de la règle de composition des accélérations et de ce postulat : L'accélération d'un mobile est dirigée comme la force qui le sollicite et est proportionnelle à cette force. De ces deux principes, nous réputons le premier erreur grave et le second vérité essentielle.

Il ne paraît pas que les géomètres du XVIIe siècle ou du XVIIIe siècle aient attaché la moindre importance à cette distinction. Les propositions auxquelles la Dynamique péripatéticienne avait, depuis deux mille ans, accoutumé les physiciens étaient encore familières à tous les esprits ; on continuait tout naturellement à les invoquer toutes les fois que leurs conséquences ne heurtaient pas trop violemment les vérités découvertes par la nouvelle Dynamique.

De ce que nous venons d'avancer, les écrits de Varignon ne nous offrent-ils pas un exemple saisissant ?

Lorsqu'en 1687, Varignon donne son *Projet d'une*

(1) Newton, *loc. cit.*, Axiomata, sive leges motus. Corollarium I.

nouvelle Méchanique, il prend pour point de départ de ses déductions des axiomes que l'on dirait empruntés à la *Physica auscultatio* ou au *De Cœlo*. Mais, à ce moment, Lamy et Newton montrent que les mêmes conséquences se peuvent tirer d'une Dynamique exacte. Varignon a sûrement connu la *Lettre* du P. Lamy et il serait de toute invraisemblance qu'il eût ignoré les *Principes* de Newton. En ces deux écrits, il trouvait le moyen de corriger ses raisonnements et de les rendre saufs de tout emprunt à une Physique surannée. S'est-il soucié de le faire? Aucunement. Pendant trente-cinq ans, il consacre ses efforts à développer les indications contenues dans le *Projet*, et la *Nouvelle Mécanique* qu'il produit par ce labeur persévérant se trouve plus profondément imprégnée de Dynamique péripatéticienne que son premier essai.

La *Néo-Statique* du P. Saccheri prête à des remarques analogues.

Le P. Saccheri est originaire de San Remo, où il naquit à une date inconnue. Il mourut à Milan, le 5 octobre 1733. L'année même de sa mort, il avait publié un livre de géométrie intitulé : *Euclides ab omni nævo vindicatus* (1).

Cet ouvrage suffit à prouver que le P. Saccheri était un logicien original et puissant. Il lui a valu l'honneur d'être salué par Beltrami (2) comme un précurseur de Legendre et de Lobatchewsky ; et M. P. Mansion (3) a pu dire de cet ouvrage : « Malgré ses défauts, l'*Euclides ab omni nævo vindicatus* est l'ouvrage le plus remarquable que

(1) *Euclides ab omni nævo vindicatus sive conatus geometricus* quo stabiliuntur prima universæ geometriæ principia, auctore Hieronymo Saccherio, Societatis Jesu, in Ticinensi Universitate Matheseos professore. Opusculum ex^mo^ Senatui Mediolanensi ab auctore dicatum. Mediolani, MDCCXXXIII. Ex typographia Pauli Antonii Montani.

(2) E. Beltrami, *Un precursore italiano di Legendre e di Lobatchewski* (Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, t. V, p. 441 ; 17 mars 1889).

(3) P. Mansion, *Analyse des recherches du P. Saccheri, S. J., sur le Postulatum d'Euclide* (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, XIVe année, 1889-90, seconde partie, p. 46).

l'on ait écrit sur les *Éléments* avant Lobatchewsky et Bolyai. »

Un tel géomètre semble particulièrement apte à éviter les paralogismes lorsqu'il traite des principes de la Mécanique; en sorte que l'on pourrait croire sa *Néo-Statique* (1), publiée en 1703, exempte de toute contradiction.

Un écrit de son confrère, le P. Ceva (2), avait signalé à l'attention du P. Saccheri certaines propriétés remarquables d'une pesanteur qui attirerait les éléments de volume des divers corps vers un centre fixe, et dont l'intensité serait proportionnelle à la distance de l'élément attiré au centre commun des graves.

Cette loi de gravité est précisément celle que Jean de Beaugrand, *le Géostaticien*, avait proposée et que Fermat acceptait avec quelques nuances.

Au sujet d'une pesanteur soumise à cette loi, Saccheri se propose de démontrer deux propositions qui sont, d'ailleurs, parfaitement exactes.

La première de ces propositions, qui semble condenser ce que les vues erronées de Fermat contenaient de vérité diffuse, peut se formuler ainsi : Si la gravité suit une telle loi, la pesanteur résultante d'un corps passe toujours par un point (*centre de gravité*) qui occupe, dans ce corps, une position absolument fixe et indépendante de la situation du corps.

La seconde de ces propositions affirme qu'un point, abandonné sans vitesse initiale et tombant en chute libre, mettra toujours le même temps pour parvenir au centre commun des graves, quelle que soit, au début du mouvement, sa distance à ce centre.

Des deux propositions que Saccheri se propose d'établir,

(1) *Neo-Statica* auctore Hieronymo Saccherio, e Societate Jesu, in Ticinensi Universitate matheseos professore, excellentissimo Senatui Mediolanensi; MDCCVIII. Ex typographia Josephi Pandulphi Malatestæ.

Je dois au R. P. Thirion la connaissance et la communication de ce rare ouvrage ; qu'il me permette de lui en exprimer ici ma vive reconnaissance.

(2) Cf. Saccheri, *Neo-Statica*, lib. IV, Introductio, p. 125.

l'une ressortit à la Statique et l'autre à la Dynamique ; il nous sera donc donné de connaître les principes que le savant Jésuite emploie en ces deux branches de Mécanique.

Au point de départ de ses déductions, Saccheri place la notion de *momentum* (1) ; cette notion, voisine de celle que Galilée nommait *memento*, identique à la *quantité de mouvement* de Descartes, s'obtient en multipliant la *masse* (2) du mobile par la *vitesse* dont il est animé ; à cette vitesse même, Saccheri donne, en général, le nom d'*impetus* (3).

La composition et la décomposition des *momenta* ou des *impetus* n'est pas autre chose que la composition et la décomposition des vitesses ; de ce problème, il n'est point malaisé à Saccheri d'exposer la solution, connue depuis Aristote. Mais bientôt (4), nous voyons que les propositions ainsi obtenues subissent une insensible transposition; un imperceptible glissement transporte à la *vis motrix* ce que l'on avait prouvé de l'*impetus*, et les lois cinématiques de la composition des vitesses se transforment en lois statiques de la composition des forces, sans que l'auteur ait paru s'apercevoir de ce changement, que le lecteur discerne à grand'peine.

C'est par une telle transposition des *forces* aux *impetus* que se trouve évaluée (5) la pesanteur apparente d'un grave sur un plan incliné. Sans doute, il est question, en cette évaluation, de *vitesse à partir du repos (impetus ex quiete)* et l'on pourrait y voir l'indication que les forces doivent être mesurées par la vitesse qu'elles impriment, au bout d'un temps infiniment court, au mobile partant du repos ; les raisonnements de Saccheri seraient alors semblables à ceux de Lamy et de Newton ; ils seraient

(1) Saccheri, *Neo-Statica*, lib. I, Definitiones, p. 2.
(2) Id., *ibid.*, lib. I, Definitio 7, p. 2.
(3) Id., *ibid.*, lib. I, Definitio 9, p. 2.
(4) Id., *ibid.*, lib. I, Propp. IX, X, XI.
(5) Id., *ibid.*, lib. I, Propp. XXVII et XXVIII.

exacts. Mais aucun commentaire du mot *ex quiete* n'indique qu'il lui faille, en ce lieu, attribuer une telle importance ; dénué de tout rôle dans les considérations de Statique que développe Saccheri, il semble n'être qu'un subterfuge pour rendre moins criarde la contradiction qui éclate entre cette Statique et la Dynamique du même auteur.

Est-il possible, d'ailleurs, de douter un seul instant que Saccheri regarde la *vis motrix* comme proportionnelle à l'*impetus*, comme identique au *momentum*, lorsqu'on lit cette définition (1) du centre de gravité :

« Par *centre de gravité*, nous entendons, en tout grave, ce point par lequel passe la direction naturelle de l'*impetus* composé qui tend au centre commun des graves ; on doit comprendre que cette direction résulte de l'ensemble des *impetus* naturels par lesquels les diverses parties du grave tendent au même centre. »

Il est bien clair que la Statique de Saccheri repose tout entière sur la supposition que la force est proportionnelle à l'*impetus*, c'est-à-dire à la vitesse. Comme la Statique de Varignon, elle emprunte tous ses principes à la Dynamique d'Aristote.

Or, lorsqu'il aborde des problèmes de mouvement, c'est la Dynamique de Newton qu'invoque Saccheri.

Prenant un point pesant qui décrit une certaine trajectoire (2), il considère l'*impetus vivus* de ce point, c'est-à-dire (3) la *vitesse* dirigée suivant la tangente à la trajectoire ; il considère aussi, suivant une direction quelconque D, l'*impetus subnascens* ; cette grandeur est identique, d'après ce qu'il a sans cesse admis dans ses deux premiers livres, au quotient, par la masse du point, de la composante du poids suivant la direction D. Si Saccheri était conséquent avec les principes dont il a tiré sa Statique, il égalerait l'*impetus subnascens* selon la direction D à la

(1) Saccheri, *Neo-Statica*, lib. II, Definitio 5, p. 55.
(2) Id., *ibid.*, lib. III, Prop. I.
(3) Id., *ibid.*, lib. III, Admonitio, p. 84.

composante de l'*impetus vivus* selon la même *direction*. Ce n'est pas ce qu'il fait ; à l'*impetus subnascens*, il égale l'*accroissement (incrementum)* de la composante suivant D de l'*impetus vivus*. Pour parler notre moderne langage, il égale le quotient par la masse du mobile de la composante du poids suivant une certaine direction à la composante de l'*accélération* suivant la même direction ; l'égalité qu'il pose ainsi est le principe même de la Dynamique de Newton.

Nous voyons ainsi Saccheri, qui est un géomètre très habile et un logicien très subtil, se servir, pour traiter des problèmes de Dynamique newtonienne, de propositions de Statique qu'il a établies en suivant la méthode d'Aristote. Tout aussi bien, nous verrions le grand Euler, alors qu'il expose en un admirable traité (1) la Mécanique issue de l'œuvre de Newton, adopter en bloc les lois de Statique que Varignon a fondées sur les principes péripatéticiens.

Ces exemples suffisent à montrer combien la substitution de la Dynamique moderne à la Dynamique d'Aristote a été lente et malaisée. C'est que la Dynamique d'Aristote offrait une traduction bien plus immédiate des expériences les plus obvies ; infiniment plus abstraite, la Dynamique moderne est le fruit d'un prodigieux effort de réflexion et d'analyse ; il a fallu des siècles pour déshabituer l'esprit humain de la première et pour l'accoutumer à la seconde.

7. *La lettre de Jean Bernoulli à Varignon (1717)*
L'énoncé définitif du principe des déplacements virtuels

En l'an 1687, il semble que la Mécanique ait pour toujours renoncé à la méthode des déplacements virtuels de

(1) *Mechanica sive Motus Scientia, analytice exposita*, auctore Leonhardo Eulero, Academiæ Imper. Scientiarum membro et matheseos sublimioris professore. Instar supplementi ad Commentar. Acad. Scient. Imper. Petropoli, ex typographia Academiæ Scientiarum. An. 1736.

Jordanus, de Descartes et de Wallis, aussi bien qu'à la méthode des vitesses virtuelles d'Aristote, de Charistion et de Galilée. Tous ceux qui ont écrit sur la Statique après Wallis, à l'exception de Casati et de De Challes, ou bien ont passé ces méthodes sous silence, ou bien ont déclaré que l'esprit n'y trouvait pas une suffisante assurance pour y prendre le fondement de la Statique ; tout au plus ont-ils consenti à en faire un corollaire de propositions construites sur d'autres hypothèses.

Après s'être efforcés d'asseoir toute la Statique sur le principe du levier, ils ont reconnu dans la loi de composition des forces concourantes un axiome d'où se peuvent aisément déduire les règles d'équilibre de toutes les machines ; en rattachant directement cette loi aux premiers principes de la théorie du mouvement, ils lui ont conféré une clarté et une certitude qui conviennent parfaitement à l'hypothèse sur laquelle doit reposer toute une doctrine.

La Statique semblait donc définitivement engagée dans la voie que Varignon traçait en son *Projet d'une Nouvelle Méchanique*, que le P. Lamy marquait dans sa lettre à M. de Dieulamant. Elle n'avait plus qu'à progresser dans la direction que ces auteurs lui avaient assignée. A ce progrès, d'ailleurs, Varignon consacrait le reste de sa vie ; il s'efforçait de conduire la Statique au but qu'il lui avait montré ; de ses efforts résultait cette *Nouvelle Mécanique ou Statique* qui, publiée peu de temps après la mort de son auteur, devait rester si longtemps classique.

Quant à la méthode des déplacements virtuels, dont nous avons suivi le développement continu de Jordanus à Descartes et à Wallis, il semblait qu'elle fût définitivement condamnée et qu'elle n'eût plus qu'à rentrer dans l'oubli.

Lorsqu'on suit le développement lent et compliqué par lequel une science se perfectionne, on voit parfois une idée qui, pendant un certain temps, a brillé d'un vif éclat, s'obscurcir peu à peu et cesser d'être perçue ; il

semble qu'elle soit à tout jamais éteinte. Mais bien souvent, cette disparition, que l'on prendrait pour une définitive extinction, n'est qu'une éclipse de peu de durée ; le moment où l'idée est devenue invisible à tous les yeux précède à peine celui où elle va reparaître, plus brillante qu'elle n'a jamais été, comme si elle s'était cachée un instant pour se reposer, pour reprendre de nouvelles forces et un nouvel éclat.

Déjà, nous avons vu la méthode des déplacements virtuels, qui s'était montrée si féconde dans les écrits de Jordanus, du Précurseur de Léonard de Vinci, de Léonard lui-même et de Cardan, négligée ou repoussée par Guido Ubaldo, par Benedetti et par Stevin. Mais le moment même où elle semblait complètement abandonnée est précisément celui où elle fut reprise par Roberval et surtout par Descartes, où son principe se dégagea, clair et autonome, de toute alliance avec le postulat des vitesses virtuelles et avec la Dynamique d'Aristote.

Nous allons assister à une résurrection toute semblable de la méthode des déplacements virtuels ; c'est dans le livre même qui semble consacrer l'irrémédiable défaite de cette méthode et le triomphe définitif de la Statique fondée sur la composition des forces, c'est dans la *Nouvelle Mécanique* de Varignon que nous allons voir le principe d'où découle cette méthode revêtir sa forme achevée.

Dans sa *Nouvelle Mécanique*, en effet, Varignon insère (1) une lettre que Jean Bernoulli lui avait adressée de Bâle le 26 janvier 1717. Cette lettre contient le passage suivant :

« Concevez plusieurs forces différentes qui agissent suivant différentes tendances ou directions pour tenir en équilibre un point, une ligne, une surface, ou un corps ;

(1) Pierre Varignon, *Nouvelle Mécanique ou Statique;* section IX, Corollaire général de la Théorie précédente. Tome II, p. 174.

concevez aussi que l'on imprime à tout le système de ces forces un petit mouvement, soit parallèle à soi-même suivant une direction quelconque, soit autour d'un point fixe quelconque : il vous sera aisé de comprendre que par ce mouvement chacune de ces forces avancera ou reculera dans sa direction, à moins que quelqu'une ou plusieurs des forces n'ayent leurs tendances perpendiculaires à la direction du petit mouvement ; auquel cas cette force, ou ces forces, n'avanceroient ni ne reculeroient de rien ; car

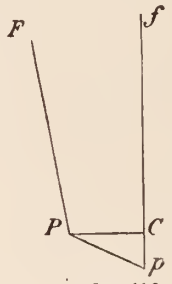


fig. 110.

ces avancemens ou reculemens, qui sont ce que j'appelle *vîtesses virtuelles* (1), ne sont autre chose que ce dont chaque ligne de tendance augmente ou diminue par le petit mouvement ; et ces augmentations ou diminutions se trouvent, si l'on tire une perpendiculaire à l'extrémité de la ligne de tendance de quelque force, laquelle perpendiculaire retranchera de la même ligne de tendance, mise dans la situation voisine par le petit mouvement, une petite partie qui sera la mesure de la *vîtesse virtuelle* de cette force.

» Soit, par exemple, P (fig. 110) un point quelconque

(1) On voit que Jean Bernoulli a donné le nom de *vitesses virtuelles* à des longueurs, et non point à des vitesses ; le nom de *déplacements virtuels* eût seul été correct ; cette fâcheuse dénomination a persisté en Mécanique, où beaucoup d'auteurs nomment encore *Principe des vitesses virtuelles* un principe où les vitesses n'ont que faire et qui devrait se nommer *Principe des déplacements virtuels.*

dans le système des forces qui se soutiennent en équilibre ; F, une de ces forces, qui pousse ou qui tire le point P suivant la direction FP ou PF ; P*p*, une petite ligne droite que décrit le point P par un petit mouvement, par lequel la tendance FP prend la direction *fp*, qui sera ou exactement parallèle à FP, si le petit mouvement du système se fait en tous les points du système parallèlement à une droite donnée de position (1) ; ou elle fera, étant prolongée, avec FP, un angle infiniment petit, si le petit mouvement du système se fait autour d'un point fixe. Tirez donc PC perpendiculaire sur *fp*, et vous aurez C*p* pour la *vîtesse virtuelle* de la force F, en sorte que F $\times$ C*p* fait ce que j'appelle *Énergie*. Remarquez que C*p* est ou *affirmatif* ou *négatif* par rapport aux autres : il est affirmatif si le point P est poussé par la force F, et que l'angle FP*p* soit obtus ; il est *négatif*, si l'angle FP*p* est aigu ; mais au contraire, si le point P est tiré, C*p* sera *négatif* lorsque l'angle FP*p* est obtus ; et *affirmatif* lorsqu'il est aigu.

» Tout cela étant bien entendu, je forme cette Proposition générale : *En tout équilibre de forces quelconques, en quelque manière qu'elles soient appliquées, et suivant quelques directions qu'elles agissent les unes sur les autres, ou médiatement, ou immédiatement, la somme des Énergies affirmatives sera égale à la somme des Énergies négatives prises affirmativement.* »

C'est en ces termes que Bernoulli formule le principe, désormais complet, d'où l'on peut tirer toutes les lois de l'équilibre.

Comment Jean Bernoulli est-il parvenu à la connaissance de cet axiome général ? Ce que Varignon nous a communiqué de sa lettre ne nous donne aucun renseignement à cet égard ; mais il ne semble pas fort malaisé de

(1) Le lecteur remarquera que Jean Bernoulli introduit dans son énoncé quelques affirmations inexactes et quelques restrictions inutiles ; nous ne nous arrêterons pas à relever ces vétilles.

deviner ce que nous ne connaissons point par document positif.

La distance, en effet, est bien courte et bien aisée à franchir entre la forme que Wallis avait donnée au principe des déplacements virtuels et la forme que cet axiome vient de prendre ; pour passer de l'une à l'autre, il suffit de déclarer ouvertement ce que Wallis soupçonnait déjà, de considérer nettement des déplacements infinitésimaux, des travaux infiniment petits ; cette transformation ne pouvait offrir aucune difficulté à un géomètre rompu aux considérations de l'analyse infinitésimale. Il paraît donc très vraisemblable que Jean Bernoulli soit parvenu à son énoncé du principe des déplacements virtuels en coordonnant et en perfectionnant les affirmations éparses dans l'œuvre de Wallis. Par Wallis et par Descartes, son œuvre se reliait avec continuité aux ébauches de Jordanus et des mécaniciens de son École.

Ce n'est pas que la méthode des déplacements virtuels dont Bernoulli vient de donner l'énoncé général et précis, ravisse d'emblée tous les suffrages et que tous les mécaniciens y reconnaissent le principe d'où doit découler la Statique entière. Varignon, qui nous fait connaître la découverte du grand géomètre de Bâle, refuse d'y voir un principe ; il n'y reconnaît qu'un « corollaire général de la théorie » qu'il a fondée sur la loi du parallélogramme des forces. « Cette proposition me parut si générale et si belle, dit Varignon (1), que, voyant que je la pouvais aisément déduire de la théorie précédente, je lui demandai la permission qu'il m'accorda, de l'ajouter ici avec la démonstration que cette théorie m'en fournissoit, et qu'il ne m'envoyoit pas. La voici séparée pour toutes les machines précédentes. » Et, sans se lasser, Varignon consacre cinquante pages à prouver que toutes les machines dont il a tiré les conditions d'équilibre de la loi de la com-

(1) Varignon, *Nouvelle Mécanique ou Statique*, tome II, p. 174.

position des forces vérifient l'égalité posée par Bernoulli. Ainsi en avaient agi Guido Ubaldo avec l'axiome d'Aristote et le P. Pardies avec l'axiome de Descartes. Ils avaient refusé à ces postulats larges et féconds le titre de principes pour les reléguer au rang de corollaires.

Nous arrêtons ici cette Histoire. Avec la *Nouvelle Mécanique* de Varignon, avec la lettre de Jean Bernoulli, se trouve close cette période du développement de la Statique qui mérite d'être appelée *les Origines ;* la *Période classique* est ouverte. Nous avions entrepris de rechercher les sources d'un fleuve ; nous en avons décrit le bassin supérieur, aux gorges sinueuses et tourmentées ; le fleuve entre maintenant dans une plaine aux molles ondulations où, dans un large lit, ses flots vont poursuivre leur cours paisible.

Au moment où nous cessons de le suivre, ce fleuve est divisé en deux bras, son courant se partage en deux directions différentes, et ces deux directions semblent orientées par les deux impulsions que la Statique a reçues dès l'origine ; en l'une, nous reconnaissons la tendance d'Archimède ; en l'autre, la tendance d'Aristote.

D'Archimède à Varignon, les géomètres ont poursuivi un même idéal ; ils le poursuivront encore de Varignon à Poinsot, de Poinsot jusqu'à nos comtemporains. Ils rêvent de construire la Statique sur le modèle des *Éléments de Géométrie* d'Euclide. Ils veulent que, par une analyse aussi patiente qu'ingénieuse, les cas d'équilibre les plus compliqués des systèmes les plus divers soient décomposés, dissociés, jusqu'à ce que l'on voie clairement les équilibres simples, élémentaires, dont l'agencement complexe les a produits ; ils veulent, en outre, qu'en ces cas simples et élémentaires, le maintien de l'équilibre ait même évidence et même certitude que ces vérités de sens commun dont Euclide a fait ses demandes. Donner à la Statique des principes que l'on puisse réputer aussi clairs

et assurés que les axiomes de la Géométrie, tel était déjà l'objet d'Archimède lorsqu'il composait son Traité Περὶ ἐπιπέδων ἰσορροπικῶν ; tel était encore le désir de Daniel Bernoulli, puis de Poisson, lorsqu'ils s'efforçaient d'établir la loi du parallélogramme des forces sans faire appel aux principes généraux de la Dynamique.

Tandis que ce courant entraîne un bon nombre de mécaniciens, d'autres suivent la direction qu'Aristote avait déjà imprimée à la Statique. Leurs efforts ne tendent point à une analyse qui dissocie les lois les plus complexes de l'équilibre et les réduise à des propositions élémentaires claires et évidentes de soi ; ils tendent bien plutôt à une large synthèse ; tous les cas de repos que l'on rencontre dans la nature ou que l'art réalise, ils s'efforcent de les embrasser en un principe unique et universel. Assurément, ils tirent ce principe de quelques observations simples et obvies ; mais l'extrême généralisation par laquelle ils passent de quelques expériences particulières à une loi si ample, efface en celle-ci tout caractère d'évidence immédiate. Plus la science, en se développant, prend conscience des procédés logiques qu'elle met en œuvre, et mieux elle comprend que la certitude d'une hypothèse aussi générale ne pouvait être contenue dans les quelques faits qui l'ont suggérée ; mieux elle voit que ce qui confirme cette hypothèse et nous assure de sa valeur, c'est l'aisance avec laquelle elle classe la multitude des lois diverses que l'expérience a découvertes, c'est la sûreté avec laquelle elle annonce à l'expérience de nouvelles lois à découvrir.

C'est cette dernière tendance qui a conduit les géomètres, depuis Jordanus et ses élèves jusqu'à Roberval et à Descartes, depuis Descartes et de Wallis jusqu'à Jean Bernoulli, à préciser et à étendre sans cesse le principe des déplacements virtuels.

Entre ces deux tendances dont chacune s'efforce de diriger la Statique, le conflit est incessant. Mais un

observateur impartial de cette lutte n'a point de peine à reconnaître les qualités des deux méthodes. Certes, l'esprit d'analyse, par sa critique méticuleuse, contribue à dégager de toute trace d'erreur les vérités que l'esprit de synthèse a fait découvrir ; mais ses propres découvertes, rares et maigres, ne servent qu'à mieux prouver sa stérilité. La fécondité est l'apanage de l'esprit de synthèse ; c'est la méthode des déplacements virtuels qui, sans cesse, élargit le champ de la Statique. L'emploi exclusif de cette méthode caractérise la *Mécanique analytique* de Lagrange.

L'œuvre de Lagrange est le confluent où viennent se réunir tous les courants qui, successivement, ont entraîné la Statique, où aboutissent toutes les tendances qui en ont diversement orienté l'évolution.

La Statique a mis à l'origine de ses déductions tantôt le principe du levier, tantôt les propriétés du plan incliné, tantôt la loi de la composition des forces ; tous ces principes sont équivalents entre eux, et leur équivalence résulte de ce fait qu'ils découlent tous immédiatement du principe des déplacements virtuels. Ainsi la science de l'équilibre se trouve ramenée par Lagrange à une parfaite unité ; elle se trouve tout entière condensée dans une seule formule.

Varignon, reprenant une idée qu'Albert de Saxe et Guido Ubaldo avaient esquissée, s'est efforcé de trouver la raison de tous les cas d'équilibre dans les pressions que les corps mobiles exercent sur leurs appuis. Lagrange tire de la méthode des déplacements virtuels un procédé aussi simple que sûr pour définir et déterminer ces pressions qu'annulent les liaisons.

La doctrine d'Albert de Saxe, selon laquelle le centre de gravité de tout corps pesant tend à s'unir au centre commun des graves, a fourni un principe de Statique que Galilée et Torricelli énoncent en ces termes : Un système est en équilibre lorsque tout changement de sa disposition obligerait son centre de gravité à s'élever. Ce principe est

demeuré longtemps séparé du principe de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, du principe de Jordanus, de Descartes, de Wallis et de Jean Bernoulli. Lagrange met à nu le lien étroit qui unit ces deux principes.

Le principe de Torricelli n'est pas l'exact équivalent du principe de Jean Bernoulli ; celui-ci prévoit tous les cas d'équilibre, celui-là en exclut quelques-uns ; c'est grâce à la théorie générale de la stabilité, créée par Lagrange, que l'on peut caractériser les cas d'équilibre que fait connaître le principe de Torricelli et montrer que ce sont les seuls équilibres stables.

Les physiciens se sont efforcés de tirer le principe fondamental de la Statique des lois de la Dynamique ; Roberval et Varignon ont ainsi déduit la loi du parallélogramme des forces de l'antique Dynamique péripatéticienne, de la proportionnalité entre la force et la vitesse ; le P. Lamy et Newton l'ont, plus justement, déduite de la proportionnalité entre la force et l'accélération. D'Alembert a, en quelque sorte, retourné la question et montré comment tout problème de mouvement se pouvait ramener à un problème d'équilibre. Lagrange demande alors à la méthode des déplacements virtuels la formule qui met en équation tout problème de mouvement.

Les assemblages de corps solides ne sont d'ailleurs point les seuls systèmes dont l'équilibre dépende du principe des déplacements virtuels ; la Statique des systèmes déformables et, particulièrement, des fluides, découle tout entière de ce principe ; les diverses méthodes propres à traiter l'Hydrostatique qu'ont proposées Newton, Bouguer, Clairaut, Euler, peuvent toutes se ramener à cette méthode générale.

Ainsi, par la méthode des déplacements virtuels, Lagrange constitue une Statique admirablement une et ordonnée, où se classent en un ordre parfait toutes les lois de l'équilibre des corps solides ou fluides, où tous les

désirs légitimes de ceux qui ont promu la science de l'équilibre trouvent leur pleine satisfaction.

Après Lagrange, la méthode des déplacements virtuels reste la méthode la plus précise, la plus générale, celle que les mécaniciens appellent à leur aide toutes les fois qu'il s'agit de dissiper une obscurité, de résoudre une embarrassante difficulté.

Navier a obtenu, sans le secours de cette méthode, les équations indéfinies de l'équilibre élastique ; mais, lorsqu'il veut compléter son œuvre et joindre aux équations indéfinies les conditions aux limites qui achèvent la détermination du problème, il reprend ce problème par la méthode des déplacements virtuels.

Poisson pense que l'élasticité d'un corps cristallisé ne dépend, en général, que de 15 coefficients ; Cauchy et Lamé en portent le nombre à 36 ; c'est en usant des procédés de Lagrange que Green peut trancher le débat et prouver que le nombre exact de ces coefficients est 21.

Par le principe de l'équilibre des canaux, que Clairaut a imaginé et que Lagrange a déduit du principe des déplacements virtuels, Laplace a obtenu l'équation de la surface capillaire ; mais ses démonstrations sont peu sûres lorsqu'il veut établir les lois qui régissent le contact du liquide et du tube ; la constance de l'angle de raccordement est postulée et non démontrée. Gauss, dans un travail qui offre l'un des plus beaux exemples de la méthode de Lagrange, demontre avec une entière précision l'ensemble des lois de la capillarité.

La théorie de l'équilibre des plaques élastiques semble poser aux géomètres une désespérante énigme ; Cauchy et Poisson ne s'accordent pas dans l'énoncé des conditions qui doivent être vérifiées au bord d'une plaque ; les conditions qu'ils proposent sont surabondantes. C'est encore la méthode des déplacements virtuels qui permet à Kirchhoff de donner le mot de l'énigme, d'écrire, sans omission

ni répétition, toutes les conditions requises au bord d'une plaque élastique.

Certes, la méthode des déplacements virtuels peut être fière du domaine qu'elle a conquis et auquel elle a imposé des lois si claires et un ordre si parfait ; mais voici qu'à la fin du XIXe siècle de nouvelles contrées, prodigieusement riches et étendues, viennent accroître son empire. Ce ne sont plus seulement les équilibres mécaniques qui se soumettent à ses arrêts ; elle pose, avec une souveraine autorité, les conditions des équilibres qui mettent fin aux changements d'état physique ou aux réactions chimiques, comme de ceux qui s'établissent en des systèmes électrisés et aimantés. La graine infime semée par Jordanus ne s'est pas contentée de produire la *Mécanique analytique* de Lagrange ; elle a encore engendré la Mécanique chimique et la Mécanique électrique de Gibbs et de Helmholtz.

CONCLUSION

Après qu'il a parcouru le causse desséché du Larzac, aux mamelons de pierre grise, aux dédales rocheux, semblables à des ruines de cités, le voyageur dirige ses pas vers les plaines que baigne la Méditerranée. Le chemin qu'il doit suivre est dessiné par de larges ravines ; traces d'anciens torrents ou de rivières taries, elles s'enfoncent peu à peu, entaillant toujours plus profondément le plateau calcaire. Ces ravines confluent bientôt en une gorge unique ; de hautes murailles à pic, couronnées par de dangereux glacis de pierres croulantes, resserrent le lit où, jadis, une belle rivière roulait ses eaux profondes et impétueuses. Aujourd'hui, ce lit n'est plus qu'un chaos de blocs brisés et usés ; nulle source ne suinte aux parois rocheuses, nulle flaque d'eau ne mouille les graviers ; entre les amas pierreux, nulle plante ne verdoie. La *Vissec*, tel

est le nom que les Cévennols ont donné à ce fleuve d'aridité et de mort.

Le marcheur, qui chemine péniblement parmi les graves et les éboulis, perçoit par intervalles une sourde rumeur, semblable aux roulements d'un tonnerre lointain ; au fur et à mesure qu'il avance, il entend ce grondement s'enfler, pour éclater enfin en un formidable fracas : c'est la grande voix de la *Foux*.

Dans la paroi calcaire, une sombre caverne est béante, largement fendue comme une énorme gueule ; sans relâche, cette gueule vomit en un gouffre, avec des transparences de cristal et des bouillonnements d'écume blanche, la masse puissante des eaux que les fissures du causse ont recueillies au loin, qu'elles ont réunies en un lac souterrain.

D'un seul coup, une rivière est formée ; désormais, la *Vis* roule ses eaux limpides et froides parmi les grèves blanches et les oseraies d'argent ; son gai murmure éveille — tel un écho — le tic-tac des moulins et le rire sonore des villages cévennols, tandis qu'un grand rayon de soleil, rasant le bord crénelé du causse, glisse, oblique, jusqu'au fond de la gorge et pose un ourlet d'or aux rameaux des peupliers.

Lorsque l'histoire classique, faussée par les préjugés et tronquée par les simplifications voulues, prétend retracer le développement des sciences exactes, l'image qu'elle évoque à nos yeux est toute semblable au cours de la Vis.

Autrefois, la Science hellène a épanché avec abondance ses eaux fertilisantes ; alors le monde a vu germer et croître les grandes découvertes, à tout jamais admirables, des Aristote et des Archimède.

Puis, la source de la pensée grecque a été tarie et le fleuve auquel elle avait donné naissance a cessé de vivifier le moyen âge. La science barbare de ce temps n'a plus été qu'un chaos où s'entassaient pêle-mêle les débris

méconnaissables de la sagesse antique ; fragments desséchés et stériles auxquels se cramponnent seulement, comme des lichens parasites et rongeurs, les gloses puériles et vaines des commentateurs.

Tout à coup, une grande rumeur a ému cette aridité scolastique ; de puissants esprits ont fendu le rocher dont les entrailles recélaient, endormies depuis des siècles, les eaux pures jaillies des sources antiques ; libérées par cet effort, ces eaux se sont précipitées, joyeuses et abondantes ; elles ont provoqué, partout où elles passaient, la renaissance des sciences, des lettres et des arts ; la pensée humaine a reconquis sa force en même temps que sa liberté ; et, bientôt, l'on a vu naître les grandes doctrines qui, de siècle en siècle, pousseront toujours plus profondément leurs pénétrantes racines, étendront toujours plus loin leur imposante ramure.

Histoire insensée ! Au cours de l'évolution par laquelle se développe la science humaine, elles sont bien rares, les naissances subites et les renaissances soudaines — de même que, parmi les sources, la Foux est une exception.

Une rivière ne remplit pas tout d'un coup un large lit de ses eaux profondes. Avant de couler à pleins bords, le fleuve était simple ruisseau et mille autres ruisseaux, semblables à lui, lui ont, tour à tour, apporté leur tribut. Tantôt les affluents sont venus à lui nombreux et abondants, et alors sa crue a été rapide ; tantôt, au contraire, de minces et rares filets ont seuls alimenté son imperceptible croissance ; parfois même les fissures d'un sol perméable ont bu une partie de ses eaux et appauvri son débit ; mais, toujours, son flux a varié d'une manière graduelle, ignorant les disparitions totales et les soudaines résurrections.

La Science, en sa marche progressive, ne connaît pas davantage les brusques changements ; elle croît, mais par degrés ; elle avance, mais pas à pas. Aucune intelligence humaine, quelles que soient sa puissance et son origina-

lité, ne saurait produire de toutes pièces une doctrine absolument nouvelle. L'historien ami des vues simples et superficielles célèbre les découvertes fulgurantes qui, à la nuit profonde de l'ignorance et de l'erreur, ont fait succéder le plein jour de la vérité. Mais celui qui soumet à une analyse pénétrante et minutieuse l'invention la plus primesautière et la plus imprévue en apparence, y reconnaît presque toujours la résultante d'une foule d'imperceptibles efforts et le concours d'une infinité d'obscures tendances. Chaque phase de l'évolution qui, lentement, conduit la Science à son achèvement, lui apparaît marquée de ces deux caractères : la continuité et la complexité.

Ces caractères se manifestent avec une particulière netteté à celui qui étudie les origines de la Statique.

De la Statique ancienne, l'historien simpliste ne mentionne qu'une seule œuvre, l'œuvre d'Archimède ; il nous la montre dominant, comme un colosse isolé, l'ignorance qui l'environne. Mais, pour admirer la grandeur de cette œuvre, il n'est point nécessaire de la rendre monstrueuse par un incompréhensible isolement. La Statique du géomètre de Syracuse, cette recherche d'une impeccable rigueur au cours des déductions, cette analyse subtile appliquée à des problèmes compliqués, ces solutions, merveilleusement habiles, de questions dont l'intérêt, caché au vulgaire, apparaît au seul géomètre, portent, à n'en pas douter, la marque d'une Science raffinée ; elles ne ressemblent nullement aux tâtonnantes hésitations d'une doctrine naissante.

Il est clair qu'Archimède a eu des précurseurs ; ceux-ci ont, avant lui, par d'autres méthodes que lui, aperçu les lois de l'équilibre du levier auxquelles il devait donner un développement magnifique.

De ces précurseurs, d'ailleurs, la trace est demeurée empreinte dans l'histoire. Les Μηχανικὰ προβλήματα ne sont peut-être pas d'Aristote comme la tradition le prétend ; en tout cas, la Statique qui y est exposée se rattache si

directement à la Dynamique admise dans la Φυσικὴ ἀκρόασις et dans le Περὶ Οὐρανοῦ que nous les devons attribuer à quelque disciple immédiat du Stagirite. Les méthodes de démonstration qui y sont suivies peuvent avoir été des méthodes d'invention, alors que, des déductions d'Archimède, l'on ne saurait concevoir la même opinion.

D'autre part, une tradition antique et vivace persiste à attribuer à Euclide des écrits sur le levier. Ces écrits ne sont peut-être point ceux que nous possédons sous le nom du grand géomètre. Mais il serait difficile, en niant leur existence, d'expliquer la constante rumeur qui l'affirme.

Si Archimède a eu des précurseurs, il a eu assurément, dans l'Antiquité, des continuateurs. La science byzantine et alexandrine a poursuivi les voies diverses qu'il avait tracées. L'art de l'ingénieur, que le grand Syracusain avait porté à un très haut degré, inspirait les tentatives de Ctesibios, de Philon de Byzance, de Héron d'Alexandrie ; Pappus, au contraire, s'efforçait, dans la recherche des centres de gravité, d'égaler le talent du géomètre ; enfin, l'énigmatique Charistion, par ses raisonnements sur la balance romaine, pénétrait plus avant qu'Aristote et Archimède au sein des principes de la Statique.

De cette Statique hellène, les Arabes n'ont transmis qu'une bien faible part aux Occidentaux du moyen âge. Mais ceux-ci ne sont nullement les commentateurs serviles et dénués de toute invention que l'on se plaît à nous montrer en eux. Les débris de la pensée grecque, qu'ils ont reçus de Byzance ou de la Science islamique, ne demeurent point en leur esprit comme un dépôt stérile ; ces reliques suffisent à éveiller leur attention, à féconder leur intelligence ; et, dès le XIIIe siècle, peut-être même avant ce temps, l'École de Jordanus ouvre aux mécaniciens des voies que l'Antiquité n'avait pas connues.

Les intuitions de Jordanus de Nemore sont, d'abord, bien vagues et bien incertaines ; de très graves erreurs s'y mêlent à de très grandes vérités ; mais, peu à peu, les

disciples du grand mathématicien épurent la pensée du maître ; les erreurs s'effacent et disparaissent ; les vérités se précisent et s'affermissent, et plusieurs des lois les plus importantes de la Statique sont enfin établies avec une entière certitude.

En particulier, nous devons à l'École de Jordanus un principe dont l'importance se marquera, avec une netteté toujours croissante, au cours du développement de la Statique. Sans analogie avec les postulats, spéciaux au levier, dont se réclamaient les déductions d'Archimède, ce principe n'a qu'une affinité éloignée avec l'axiome général de la Dynamique péripatéticienne. Il affirme qu'une même puissance motrice peut élever des poids différents à des hauteurs différentes, pourvu que les hauteurs soient en raison inverse des poids. Appliqué par Jordanus au seul levier droit, ce principe fait connaître au Précurseur de Léonard de Vinci la loi d'équilibre du levier coudé, la notion de moment, la pesanteur apparente d'un corps posé sur un plan incliné.

Au XIVe et au XVe siècles, la Statique issue de l'École de Jordanus suit paisiblement son cours sans qu'aucun affluent important en vienne accroître le débit ; mais, au début du XVIe siècle, elle se prend à rouler comme un torrent impétueux, car le génie de Léonard de Vinci vient de lui apporter son tribut.

Léonard de Vinci n'est point du tout un voyant qui, subitement, découvre des vérités insoupçonnées jusqu'à lui ; il possède une intelligence prodigieusement active, mais sans cesse inquiète et hésitante. Il reprend les lois de Mécanique que ses prédécesseurs ont établies, les discute, les retourne en tous sens. Ses incessantes méditations l'amènent à préciser certaines idées déjà connues des disciples de Jordanus, à en montrer la richesse et la fécondité ; telle la notion de puissance motrice ; telle aussi la notion de moment ; de cette dernière, il fait jaillir, par une admirable démonstration, la loi de composition des

forces concourantes. Mais son esprit, enclin aux tâtonnements, aux retouches et aux repentirs, ne sait point toujours garder fermement les vérités qu'il a un instant saisies. Léonard ne parvient pas à fixer son opinion au sujet du problème du plan incliné, si parfaitement résolu dès le XIIIe siècle.

L'indécision qui, toujours, agita l'âme de Léonard, qui, si rarement, l'a laissé achever une œuvre, ne lui a pas permis de mener à bien le *Traité des poids* qu'il souhaitait d'écrire. Le fruit de ses réflexions, cependant, ne fut point entièrement perdu pour la Science. Par la tradition orale qui avait pris naissance durant sa vie, par la dispersion de ses manuscrits après sa mort, ses pensées furent jetées aux quatre vents du ciel et quelques-unes rencontrèrent un terrain propice à leur développement.

Cardan, l'un des esprits les plus universels et l'un des hommes les plus étranges qu'ait produits le XVIe siècle, Tartaglia, mathématicien de génie, mais plagiaire impudent, restituèrent à la Statique de la Renaissance plusieurs des découvertes faites par l'École de Jordanus ; mais ils les lui restituèrent souvent sous la forme plus riche et plus féconde que leur avait donnée Léonard de Vinci.

Les écrits de Tartaglia et de Cardan répandent, en plein XVIe siècle, un afflux de la Mécanique du moyen âge. Mais, à ce moment, un courant en sens contraire prend naissance et vigueur en les traités de Guido Ubaldo del Monte et de J. B. Benedetti. Les œuvres de Pappus et d'Archimède viennent d'être exhumées ; elles sont étudiées avec passion et commentées avec talent ; elles donnent aux mécaniciens le goût de cette impeccable rigueur où, depuis Euclide, excellent les géomètres. Cette admiration enthousiaste et exclusive pour les monuments de la Science hellène fait rejeter avec mépris les découvertes profondes, mais encore confuses et mêlées d'erreur, qu'ont produites les Écoles du XIIIe siècle ; les plus pénétrantes intuitions de Jordanus et de ses disciples sont méconnues par l'École

nouvelle, qui appauvrit et épuise la Statique sous prétexte de la rendre plus pure. De même, l'admiration exclusive des œuvres empreintes de la beauté grecque fait traiter de *gothiques* les plus merveilleuses créations artistiques du moyen âge.

A la fin du XVIe siècle donc, presque rien ne subsistait de ce qu'avait spontanément produit, en Statique, le génie propre de l'Occident. L'œuvre était à refaire. Il fallait reprendre les démonstrations des vérités que les docteurs du moyen âge avaient aperçues et leur assurer toute la clarté, toute la précision, toute la rigueur des théories léguées par les Grecs. A cette restauration vont se consacrer, jusqu'au milieu du XVIIe siècle, les plus puissants géomètres de la Flandre, de l'Italie et de la France.

Malgré l'extraordinaire talent des ouvriers, que de tâtonnements et de malfaçons, avant que l'ouvrage soit mené à bien !

Une déduction rigoureuse suppose des axiomes. Où trouver les postulats auxquels s'attacheront fixement les raisonnements de la Statique ? Ceux qu'Archimède a formulés sont infiniment particuliers ; ils suffisent à peine à traiter de l'équilibre du levier droit. De toute nécessité, il faut avoir recours à des hypothèses nouvelles. Les mécaniciens qui vont les énoncer les donneront pour principes inédits et vérités inouïes. Mais si nous les dépouillons du masque d'originalité dont les a affublées l'amour-propre de ceux qui les proclament, nous y reconnaîtrons presque toujours des propositions fort anciennes qu'une longue tradition a conservées, qu'elle a mûries, et dont elle a montré la fécondité. Là où une histoire trop sommaire et trop systématique a cru voir une Renaissance de la méthode scientifique, oubliée depuis les Grecs, nous verrons le développement naturel de la Mécanique du moyen âge.

Galilée, dont la légende fait le créateur de la Dynamique moderne, va chercher le fondement de ses déduc-

tions dans la Dynamique déjà chancelante d'Aristote. Il postule la proportionnalité entre la force qui meut un mobile et la vitesse de ce mobile. Les travaux des mécaniciens du XIIIe siècle l'inspirent lorsqu'il veut tirer de ce principe la pesanteur apparente d'un corps posé sur un plan incliné ; mais ils ne vont pas jusqu'à lui faire reconnaître que la notion cardinale de toute la Statique est la notion de *puissance motrice*, produit d'un poids par sa hauteur de chute. A cette notion, Galilée substitue celle de *momento*, produit du poids par la vitesse de sa chute, notion qui se relie immédiatement à la Dynamique déjà condamnée d'Aristote.

Pour traiter de la pesanteur apparente sur un plan incliné, Stevin invoque l'impossibilité du mouvement perpétuel ; or, ce principe, Léonard de Vinci et Cardan l'avaient formulé avec une netteté singulière, en le rattachant à la notion de puissance motrice qu'ils tenaient eux-mêmes de l'École de Jordanus. Mais cette notion n'apparaît qu'incidemment dans l'œuvre de Stevin ; le grand géomètre de Bruges n'en a point vu l'extrême importance.

Elle s'affirme plus nettement en la belle démonstration que donne Roberval de la règle selon laquelle se composent des forces concourantes ; cette démonstration, qui comble si heureusement une profonde lacune, béante en l'œuvre de Stevin, n'est point, d'ailleurs, d'un type imprévu ; pour traiter de l'équilibre du levier coudé, ce disciple de Jordanus qui fut le Précurseur de Léonard de Vinci en avait tracé le modèle.

Le génie admirablement clair et méthodique de Descartes a tôt fait de saisir avec sûreté l'idée maîtresse qui doit régir toute la Statique. Cette idée, c'est celle dont Jordanus avait déjà marqué l'emploi dans la théorie du levier droit, celle dont son disciple avait fait usage pour traiter du levier coudé et du plan incliné ; c'est la notion de *puissance motrice*. Cette notion, Descartes la définit avec précision ; il l'oppose victorieusement au *momento*

considéré par Galilée ; tandis que l'emploi du *momento* découle d'une Dynamique désormais insoutenable, la notion de puissance motrice permet de formuler un axiome, très clair et très sûr, qui porte la Statique tout entière ; et ce principe autonome n'attend point, pour devenir acceptable, que la Dynamique nouvelle ait été construite sur les ruines de la Dynamique péripatéticienne.

Malheureusement, l'orgueil insensé qui trouble la conscience de Descartes le pousse à exagérer la grandeur du service qu'il rend à la Statique, et à l'exagérer au point d'en fausser la nature. Incapable, plus encore que Stevin, que Galilée et que Roberval, de rendre justice à ses prédécesseurs, il se donne pour le créateur d'une doctrine dont il n'est que l'organisateur. D'ailleurs, ce que nous disons ici de la Statique cartésienne, ne le pourrait-on répéter du Cartésianisme tout entier ? La superbe de son auteur a triomphé, et son triomphe n'a point d'analogue dans l'histoire de l'esprit humain ; elle a dupé le monde ; elle a fait prendre le Cartésianisme pour une création étrangement spontanée et imprévue ; cependant, ce système n'était, presque toujours, que la conclusion nettement formulée d'un labeur obscur, poursuivi pendant des siècles. Le vol gracieux du papillon aux ailes chatoyantes a fait oublier les lentes et pénibles reptations de l'humble et sombre chenille.

Les quelques lignes où Jordanus démontrait la règle du levier droit contenaient en germe une idée juste et féconde ; de Jordanus à Descartes, cette idée s'est développée au point de comprendre la Statique tout entière. Tandis que se poursuit et s'achève cette graduelle évolution d'une vérité, la Science est le théâtre d'un phénomène non moins intéressant, mais plus étrange ; une doctrine fausse se transforme peu à peu en un principe très profond et très exact ; il semble qu'une force mystérieuse, attentive au progrès de la Statique, sache rendre également bienfaisantes la vérité et l'erreur.

Archimède avait usé, sans la définir, de la notion de centre de gravité ; certains géomètres s'étaient efforcés de la préciser ; mais Albert de Saxe et, après lui, la plupart des physiciens de l'École, profitant de l'indétermination mécanique où demeurait ce point, lui attribuaient des propriétés tout autres que celles dont nous le douons aujourd'hui ; en chaque portion de matière, ils y voyaient le lieu où se trouvait concentrée la pesanteur de cette matière ; la pesanteur d'un corps leur apparaissait comme le désir que le centre de gravité de ce corps a de s'unir au centre de l'Univers. La révolution copernicaine, en déplaçant le centre de l'Univers, en niant même, avec Giordano Bruno, l'existence de ce centre, ne modifia guère cette théorie de la pesanteur ; elle vit en cette qualité la tendance qu'a le centre de gravité de chaque corps à s'unir à son semblable, le centre de gravité de la Terre.

L'un des titres de gloire de Képler est d'avoir éloquemment combattu cette hypothèse d'une attraction entre points géométriques et d'avoir affirmé que l'attraction de gravité s'exerçait entre les diverses parties de la Terre prises deux à deux ; mais ses contemporains, moins clairvoyants, ne partageaient pas cette opinion ; en particulier, Benedetti, Guido Ubaldo et Galilée affirmaient la sympathie que le centre de gravité de chaque corps éprouve pour le centre commun des graves, tandis que Bernardino Baldi et Villalpand plagiaient les corollaires exacts que Léonard de Vinci avait tirés de cette doctrine erronée.

Lorsque cette tendance se trouve satisfaite aussi complètement que le permettent les liaisons d'un système de poids ; en d'autres termes, lorsque le centre de gravité du système est le plus près possible du centre de la Terre, rien ne sollicite plus le système à se mouvoir ; il demeure en équilibre. Tel est le principe de Statique que formulent Cardan, Bernardino Baldi, Mersenne, Galilée, qui le doivent peut-être à Léonard de Vinci.

Ce principe est faux ; mais, pour le rendre exact, il

suffira de rejeter à l'infini le centre de la Terre que Galilée invoque sans cesse dans ses raisonnements et de regarder les verticales comme parallèles entre elles. La modification paraît insignifiante ; elle est grave, cependant, puisqu'elle transforme une affirmation erronée en un axiome exact et fécond ; elle est grave, aussi, en ce qu'elle suppose l'abandon d'une théorie de la pesanteur très ancienne et très autorisée.

Les débats confus et compliqués que provoquent, en France, les recherches de Beaugrand et de Fermat sur la variation de la pesanteur avec l'altitude préparent cette réforme. Torricelli l'accomplit ; il dote ainsi la Science d'un nouveau postulat propre à fonder la Statique.

Lorsque l'historien, après avoir suivi le développement continu et complexe de la Statique, se retourne pour embrasser d'un coup d'œil le cours entier de cette Science, il ne peut, sans un étonnement profond, comparer l'ampleur de la théorie achevée à l'exiguïté du germe qui l'a produite. D'une part, en un manuscrit du XIIIe siècle, il déchiffre quelques lignes d'une écriture gothique presque effacée ; elles justifient d'une manière concise la loi d'équilibre du levier droit. D'autre part, il feuillette de vastes traités, composés au XIXe siècle ; en ces traités, la méthode des déplacements virtuels sert à formuler les lois de l'équilibre aussi bien pour les systèmes purement mécaniques que pour ceux où peuvent se produire des changements d'état physique, des réactions chimiques, des phénomènes électriques ou magnétiques. Quel disparate entre la minuscule démonstration de Jordanus et les imposantes doctrines des Lagrange, des Gibbs et des Helmholtz ! Et cependant, ces doctrines étaient en puissance dans cette démonstration ; l'histoire nous a permis de suivre pas à pas les efforts par lesquels elles se sont développées à partir de cette humble semence.

Ce contraste entre le germe, extrêmement petit et extrêmement simple, et l'être achevé, très grand et très com-

pliqué, le naturaliste le contemple chaque fois qu'il suit le développement d'une plante ou d'un animal quelque peu élevé en organisation. Cette opposition, cependant, n'est peut-être point ce qui excite au plus haut degré son admiration. Un autre spectacle est plus digne encore d'attirer son attention et de servir d'objet à ses méditations.

Le développement qu'il étudie résulte d'une infinité de phénomènes divers ; il faut, pour le produire, une foule de divisions de cellules, de bourgeonnements, de transformations, de résorptions. Tous ces phénomènes, si nombreux, si variés, si compliqués, se coordonnent entre eux avec une précision parfaite ; tous concourent d'une manière efficace à la formation de la plante ou de l'animal adulte. Et cependant, les êtres innombrables qui agissent en ces phénomènes, les cellules qui prolifèrent, les phagocytes qui font disparaître les tissus devenus inutiles, ne connaissent assurément pas le but qu'ils s'efforcent d'atteindre ; ouvriers qui ignorent l'œuvre à produire, ils réalisent néanmoins cette œuvre avec ordre et méthode. Aussi le naturaliste ne peut-il s'empêcher de chercher, en dehors d'eux et au-dessus d'eux, un je-ne-sais-quoi qui voie le plan de l'animal ou de la plante à venir et qui, à la formation de cet organisme, fasse concourir la multitude des efforts inconscients ; avec Claude Bernard, il salue l'*idée directrice* qui préside au développement de tout être vivant.

A celui qui l'étudie, l'histoire de la Science suggère sans cesse des réflexions analogues. Chaque proposition de Statique a été constituée lentement, par une foule de recherches, d'essais, d'hésitations, de discussions, de contradictions. En cette multitude d'efforts, aucune tentative n'a été vaine ; toutes ont contribué au résultat ; chacune a joué son rôle, prépondérant ou secondaire, dans la formation de la doctrine définitive ; l'erreur même a été féconde ; les idées, fausses jusqu'à l'étrangeté, de Beaugrand et de Fermat ont contraint les géomètres à passer

au crible la théorie du centre de gravité, à séparer les vérités précieuses des inexactitudes auxquelles elles se trouvaient mêlées.

Et cependant, tandis que tous ces efforts contribuaient à l'avancement d'une science que nous contemplons aujourd'hui dans la plénitude de son achèvement, nul de ceux qui ont produit ces efforts ne soupçonnait la grandeur ni la forme du monument qu'il construisait. Jordanus ne savait assurément pas, en justifiant la loi d'équilibre du levier droit, qu'il postulait un principe capable de porter toute la Statique. Ni Bernoulli, ni Lagrange ne pouvaient deviner que leur méthode des déplacements virtuels serait, un jour, admirablement propre à traiter de l'équilibre électrique et de l'équilibre chimique ; ils ne pouvaient prévoir Gibbs, bien qu'ils en fussent les précurseurs. Maçons habiles à tailler une pierre et à la cimenter, ils travaillaient à un monument dont l'architecte ne leur avait pas révélé le plan.

Comment tous ces efforts auraient-ils pu concourir exactement à la réalisation d'un plan inconnu des manœuvres, si ce plan n'avait préexisté, clairement aperçu, en l'imagination d'un architecte, et si cet architecte n'avait eu le pouvoir d'orienter et de coordonner le labeur des maçons ? Le développement de la Statique nous manifeste, autant et plus encore que le développement d'un être vivant, l'influence d'une idée directrice. Au travers des faits complexes qui composent ce développement, nous percevons l'action continue d'une Sagesse qui prévoit la forme idéale vers laquelle la Science doit tendre et d'une Puissance qui fait converger vers ce but les efforts de tous les penseurs ; en un mot, nous y reconnaissons l'œuvre d'une Providence.

Bordeaux, 26 octobre 1905.

P. Duhem.

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS[1]

II

LE PORT DE BRUGES AU MOYEN AGE

Dans l'Europe du haut moyen âge, adonnée tout entière à la vie agricole, les côtes frisonnes offrent le spectacle exceptionnel de l'activité industrielle et commerciale (2). La nature elle-même invitait au travail de la laine les habitants de ces plaines humides : elle avait doté ces contrées de vastes pâturages, où l'élève des troupeaux fournissait d'abondantes toisons. Les produits de l'industrie frisonne se répandent de bonne heure dans tout l'Occident. Remontant le cours des fleuves, les marchands de la côte portent leurs tissus à travers l'Europe centrale ; dès le IXe siècle, nos marins les déchargent en Angleterre et dans les ports de la mer Baltique. La prospérité du commerce et l'accroissement rapide de la population imprimèrent à l'industrie un nouvel élan : de la Meuse à la côte, les villes se remplirent bientôt de métiers.

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1906, p. 357.
(2) Cfr. Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, Bruxelles, 1900, p. 30.

La manufacture drapière ne tarda pas à développer les relations maritimes. La nécessité d'aller chercher outre-mer la précieuse denrée qui alimentait leurs manufactures, et l'avantage d'y trouver un débouché ouvert à leurs produits tournaient vers la mer les préoccupations des drapiers de Flandre. Telle est, en effet, l'importance du tissage des laines au milieu du XIe siècle, que les moutons indigènes ne suffisent plus aux besoins de la fabrication ; les troupeaux de Champagne et de Bourgogne eux-mêmes ne donnent plus à l'industrie flamande une matière première suffisante (1), et nos bateaux importent de pleins chargements de laines anglaises, en échange des draps qu'ils débarquent sur les quais de la Tamise.

Une large baie, aujourd'hui comblée par des atterrissements, offrait à la Flandre intérieure un accès facile à la mer. Cette baie, qui portait le nom de Zwin, s'ouvrait au sud-ouest de l'île de Walcheren, et s'étendait jusqu'à Damme. Un canal prolongeait le Zwin de Damme à Bruges, aux portes de laquelle la mer amenait le flux de ses eaux. Les marins brugeois gagnaient ainsi le large par une voie directe, tandis que les bateaux d'Anvers, qui ne pouvaient encore, à cette époque, franchir les passes étroites de l'Escaut occidental, devaient, pour atteindre la mer, doubler l'île de Walcheren par l'autre bras du fleuve (2).

Au cours du XIe siècle, la navigation flamande prend un rapide essor, et le commerce de Bruges est déjà florissant.

Au début de cette ère de prospérité, trois éléments participent au mouvement d'affaires qui anime son port : l'exportation des produits indigènes, en particulier des tissus de Flandre, des pierres sculptées de Tournai et des cuivres travaillés à Dinant ; l'importation des marchan-

(1) Cfr. Kervyn de Lettenhove, *Histoire de Belgique*, t. II, Bruxelles, 1847, p. 297.

(2) Cfr. Mertens en Torfs, *Geschiedenis van Antwerpen*, t. II, p. 301.

dises de l'étranger, notamment des laines anglaises et des vins de France (1), enfin le transit des objets qui n'entrent dans le port que pour être réexpédiés aussitôt vers la mer. Des influences de nature diverse vont bouleverser l'importance relative de ces éléments dans le trafic général : sur les quais de Bruges, l'échange de fret entre les navires qui s'y rencontrent et se distribuent leurs cargaisons va devenir prépondérant. Cette tendance caractérise le rôle du port de Bruges au moyen âge : à mesure que s'accroît le trafic, la fonction économique se dessine avec plus de netteté. Au XIVe siècle, Bruges sera l'entrepôt du commerce international, le marché commun des nations d'Occident.

Des conditions naturelles particulièrement favorables prédestinaient les Pays-Bas au rôle considérable qu'ils allaient jouer de bonne heure dans le commerce européen. Situés dans le voisinage de l'Angleterre, ils offraient au nord une série de ports échelonnés sur une large étendue de côtes. Par trois fleuves navigables, ils se rattachaient aux marchés de la France et de l'Empire germanique. Les Pays-Bas s'ouvraient ainsi de toutes parts à l'afflux des

(1) Les documents de l'époque établissent l'existence d'un mouvement commercial assez considérable entre le port de Bruges et son *hinterland*. En 1167, Philippe d'Alsace confirme un ancien privilège des habitants d'Ypres, en vertu duquel, en payant un denier par bateau chargé de marchandises, ils étaient exempts de tous péages sur l'Iperleet, cours d'eau qui s'abouchait au port de Bruges (v. Diegerick, *Inventaire des chartes d'Ypres*, t. I, p. 6, n° 5). Vers la même époque, le cuivre anglais supplante, sur le marché de Dinant, le cuivre de Goslar, et à Liége, où n'arrivaient jusque là que les vins du Rhin et de la Moselle, on débarque les vins de la Rochelle, venus par la mer (ANNALES S. JACOBI LEODIENSIS. Monum. Germ. Hist. Script., t. XVI, p. 654). Enfin nous voyons qu'en 1308, un règlement des échevins et doyens de la ville de Gand fixe le salaire des bateliers arrivant par la Lieve de Bruges et de Damme à Gand. Il y est dit que le chargement ne pourra excéder le poids de cinq tonnes de vin, ou dix boisseaux de grain, équivalant à trois lasts de hareng, cinq cents bardeaux, cinq lasts de cendres, quarante pots de beurre, trente-six tonnes de bière de Lubeck et trente-trois de Hambourg, sept tonnes de guède (Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple de Bruges*, p. 119, n° 162 ; Diericx, *Mémoire sur la ville de Gand*, t. I. p. 241).

marchandises, et, par des routes naturelles, expédiaient leurs produits aux peuples du nord comme à ceux du midi. Un réseau de rivières et de ruisseaux canalisés, se perdant en partie dans la mer, en partie dans l'Escaut, facilitaient les communications entre les villes flamandes, populeuses et florissantes, où la renommée des foires, qui se succédaient à de courts intervalles, attirait les marchands de tous les pays. Dès le XIIe siècle, une route terrestre, tracée du Rhin à la mer du Nord, relie Cologne à Bruges : tandis que les bateliers suivent le cours des fleuves pour apporter à la Flandre les denrées du midi, de l'est à l'ouest des caravanes de marchands, sillonnant la plaine, s'acheminent vers les côtes flamandes (1). La Flandre trafique avec tout l'ouest de l'Allemagne centrale, et, par la Hanse des dix-sept villes qui l'unit aux cités marchandes du nord de la France (2), elle expose ses draps aux foires célèbres de Champagne, où déjà les drapiers flamands rencontrent les Génois (3). Les richesses d'Orient, amenées dans les ports de Gênes et de Venise, franchissaient les Alpes, atteignaient le Danube ou le Rhin, et, par ce dernier fleuve, descendaient aux Pays-Bas (4).

D'importantes relations commerciales s'étaient donc établies entre la Flandre et l'étranger à l'époque où le négoce empruntait encore de préférence les routes et les fleuves. Mais, quand la navigation maritime se développa, nos côtes devinrent tout de suite l'étape des marchands de toutes les nations. La situation géographique de la Flandre était, à cet égard, exceptionnellement heureuse. Située à mi-chemin entre le Sund et le détroit de Gibral-

(1) Voir Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 166.

(2) Voir Bourquelot, *Études sur les Foires de Champagne*, dans les MÉMOIRES présentés par quelques savants à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, t. V, p. 195.

(3) Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels und Verkehrs zwischen Westdeutschland und Italien*, t. I. Leipzig, 1900, p. 127. — Hildebrand, *Zur Geschichte der deutschen Wollindustrie*, JAHRBÜCHER FÜR NATIONAL ŒKONOMIE UND STATISTIK, t. VI, p. 237.

(4) Vanderkindere, *Le Siècle des Artevelde*. Bruxelles, 1879, p. 210.

tar, elle attirait les vaisseaux de la Baltique et de la mer du Nord, qui rencontraient chez elle les navires arrivés de la Méditerranée et des côtes de l'Océan. La navigation au long cours était pleine de périls, et le commerce direct entre le midi de l'Europe et son extrémité nord-ouest fort malaisé. Les Allemands n'entreprenaient guère d'expéditions dans la Méditerranée ; les Français ne s'aventuraient pas jusqu'aux ports de l'Elbe et du Wéser ; pour les navigateurs italiens qui avaient affronté les orages du golfe de Gascogne, la Flandre marquait le terme de leur course (1); tous ces peuples trouvaient un point de contact naturel dans cet estuaire d'accès facile, où s'échangeaient les vins de France et d'Allemagne, les draps d'or et les épices que les Lombards apportaient de l'Orient. Bruges, établie au carrefour des grandes artères du commerce d'Europe, devient le rendez-vous des nations germaniques et des peuples romans.

Mais ce n'est pas uniquement à sa position géographique que le port de Bruges dut sa prodigieuse fortune. L'administration clairvoyante des princes a puissamment concouru à l'accroissement de sa prospérité. C'est le mérite des comtes de Flandre de n'avoir point sacrifié les intérêts du pays aux caprices d'une politique personnelle, et d'avoir su résister aux entraînements de la fiscalité médiévale. Tandis que les transformations économiques se succèdent, et que Bruges voit évoluer la fonction de son port, les comtes perçoivent nettement les exigences commerciales, et adaptent leur politique aux nécessités du moment. Lorsque le développement des affaires maritimes est subordonné encore à l'activité industrielle de l'arrière-pays, et que la manufacture drapière fournit au port le meilleur élément de son trafic, les comtes attirent en

(1) Sartorius, *Urkundliche Geschichte des Ursprunges der deutschen Hanse*, t. I, Hambourg. 1830, pp. 212-213 ; voir aussi Roscher, *Ansichten der Volkswirthschaft aus dem geschichtlichen Standpunkt*, t. I. Leipzig, 1878, p. 350.

Flandre, et notamment à Bruges (1), des tisserands de toile et d'étoffes de laine (xe siècle). Mais les foires restèrent le grand débouché des tissus flamands, aussi longtemps que la faveur du transit s'attacha aux routes terrestres et fluviales ; aussi les comtes s'empressèrent-ils de favoriser ces concours de marchands : de Baudouin V à Charles le Bon, de nombreuses lois de paix assurent le bon ordre des foires et garantissent la sécurité des étrangers. Lorsque Bruges tendit à centraliser le commerce d'Occident, rien ne fut épargné pour développer les relations internationales. Devançant les autres princes d'Europe (2), les comtes de Flandre s'attachèrent à réprimer la piraterie ; ils supprimèrent de bonne heure le droit d'épave, fixèrent équitablement le tarif des tonlieux (3), et cherchèrent à empêcher l'altération des monnaies (4). Une longue série de privilèges attestent le souci constant de garantir aux étrangers la sécurité de leurs personnes et de leurs biens, d'assurer la loyauté des contrats, la facilité des transactions et la bonne administration de la justice. Les Keures de Bruges ordonnent aux échevins de faire droit à la plainte d'un étranger dans les trois jours, dans la huitaine si celui dont on se plaint est absent (5). De nombreux privilèges de justice sont octroyés par la comtesse Marguerite aux marchands de l'Empire (1252). Ils ne pourront être arrêtés pour dette que s'ils sont débiteurs principaux, et ils ne seront pas emprisonnés s'ils peuvent

(1) Warnkœnig, *Histoire de Flandre*, trad. Gheldolf, t. II, p. 182.

(2) Sartorius, *Urkundl. Gesch.*, t. I, p. 212.

(3) Gilliodts-Van Severen, *Cartul. de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, p. 13.

(4) Cfr. Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 165. — La diversité des types monétaires et l'incertitude des rapports qui existaient entre eux entravaient les opérations du commerce international ; dès la fin du XIIIe siècle, la lettre de change, qui devait remédier à ces inconvénients, était en usage à Bruges (Vanderkindere, p. 246 ; Gilliodts-Van Severen). *Inventaire des archives de la Ville de Bruges*, t. III, p. 249.

(5) Keures du 25 mai 1281 et du 4 novembre 1304 ; Gilliodts-Van Severen, *Cartul. anc. est.*, t. I, n° 83 ; *ibid.*, nos 7 et 46.

fournir caution. Si des hostilités éclatent entre la Flandre et une ville allemande, seuls les citoyens de cette ville pourront être inquiétés : encore jouiront-ils d'un délai de trois mois pour sortir du pays et emporter leurs biens (1). Louis de Crécy accorde des privilèges analogues aux bourgeois et marchands de la Rochelle et de St-Jean d'Angély qui ont leur étape à Damme (2). A la requête des marchands de l'Empire, le magistrat de Bruges octroie aux négociants de tous pays des lettres de garantie relatives au droit de balance (1318) : les dispositions les plus minutieuses sont prises pour assurer la loyauté des opérations du pesage public (3) ; les courtiers sont tenus de prêter serment aux échevins, ils sont suspendus à la moindre irrégularité, aussi longtemps qu'ils n'ont pas accordé satisfaction à la personne lésée (4) ; les débardeurs sont soumis aux mêmes règles, et les voituriers sont déclarés responsables des marchandises qui leur sont confiées (5). Enfin l'érection d'une chambre d'assurances à Bruges, en 1310, permet aux négociants de faire garantir leurs marchandises contre les risques de mer et d'incendie, moyennant le payement d'une prime de quelques deniers pour cent (6).

Plus remarquable encore est le régime de liberté commerciale dont la Flandre offre l'exemple à l'époque où le monopole et le privilège pénètrent partout la législation. La politique nettement libérale, on dirait volontiers libre-échangiste, des comtes de Flandre (7) favorise à Bruges l'essor du commerce international, tandis que des

(1) *Cartul. de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, n° 46.

(2) Charte conservée aux archives du Nord, transcrite par Finot, *Étude historique sur les relations commerciales entre la Flandre et la France au moyen âge*. Paris, 1894, p. 351.

(3) *Hansisches Urkundenbuch*, t. II, n° 154, § 4 à 6.

(4) *Ibid.*, n° 154, § 13.

(5) *Ibid.*, n° 154, § 7.

(6) Gilliodts-Van Severen, *Cartul. de l'ancienne estaple*, t. I, n° 174.

(7) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 245.

restrictions et des prohibitions de toutes sortes entravent ailleurs les relations des étrangers entre eux. Les tracasseries fiscales de la politique française au XIIIe siècle poussent beaucoup de peuples à établir sur nos côtes le siège de leurs transactions (1). Venise, intolérante pour le trafic des nations rivales, cherche à monopoliser au profit des Vénitiens le commerce de son port : elle cantonne les étrangers dans des quartiers étroitement gardés, et leur interdit toutes relations d'affaires avec d'autres marchands que les sujets de la République (2). A Bruges, au contraire, les étrangers trafiquent librement entre eux (3) ; ils peuvent acheter, vendre ou échanger des marchandises sur leurs navires, leurs barques ou toutes autres embarcations ; sur l'eau ou sur terre, dans la rue, dans les celliers ou ailleurs ; ils sont autorisés à conserver leurs marchandises aussi longtemps qu'il leur plaît, à les transporter où bon leur semble, par terre ou par eau, sans être contraints à les vendre. On leur interdit seulement les opérations de change et le prêt à intérêt (4). Les courtiers sont les intermédiaires obligés dans toute opération commerciale de quelque importance ; mais, de bonne heure, les comtes arrêtent leur tarif, et la ville de Bruges est responsable de leurs malversations vis-à-vis des étrangers (5). Enfin des conditions avantageuses sont accordées aux marchands de tous pays, pour s'établir

(1) Vanderkindere, *Le Siècle des Artevelde*, p. 211.

(2) Cfr. Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels*, t. I, p. 332. — Noël, *Histoire du commerce du monde*. Paris, 1891-1906, t. II, pp. 204 et ss. — Ehrenberg, *Makler, Hosteliers und Börse in Brügge* ; ZEITSCHRIFT FÜR DAS GESAMMTE HANDELSRECHT, t. XXX, p. 406.

(3) L'importation des draps anglais était prohibée en Flandre, mais on en tolérait le transit, ainsi qu'en témoignent les privilèges accordés aux Orientaux en 1339. Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. II, p. 51.

(4) Privilèges accordés par Robert de Béthune en 1307 ; *Cartulaire de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, n° 158, art. 2 et 3 ; voir aussi n° 169 (14 nov. 1309), et la lettre de Robert au roi d'Angleterre (26 juillet 1314), *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, n° 189.

(5) Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, p. 127.

dans la ville avec leurs biens ; ils peuvent y acquérir des hôtels, et des facilités spéciales leur sont octroyées pour la location de maisons, de caves et de celliers (1).

Le port de Bruges, où le commerce jouissait ainsi d'une liberté presque illimitée, offrait d'ailleurs à la navigation une des stations les plus favorables des côtes de l'océan germanique (2). Sous le règne de Philippe d'Alsace (1180), à la suite d'une inondation qui avait rompu les digues et submergé les environs de Bruges, des améliorations considérables avaient été apportées au régime du Zwin : de puissantes digues marquaient les bords du chenal, des pilotis et des balises en signalaient les bas-fonds (3). Ce fut probablement au début du XIIIe siècle que Bruges fit creuser le grand canal de navigation, ou nouveau Zwin, qui reliait Damme au port, et l'ancien Zwin, dans la direction de Bruges, ne fut plus fréquenté que par des navires d'un faible tirant (4). Il fallait isoler le nouveau canal de l'action des marées : ce fut alors qu'un homme de génie, dont l'histoire ne nous a point transmis le nom, construisit la première écluse à sas (5). Jusqu'à cette époque, de grandes grues *(overdrachten, dobbele kraenen)* faisaient monter et descendre les navires tout chargés sur des plans inclinés et les transportaient ainsi d'une section de canal dans une autre (6). Au témoignage de Guillaume le Breton (7), le port était tellement vaste, qu'il put contenir, en 1213, tous les navires qui prirent part à l'expédition de Philippe-Auguste contre Ferrand de Portugal.

(1) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. II, p. 50.

(2) Warnkœnig, *Histoire de Flandre*, t. II, p. 197.

(3) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 241.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, Intr., pp. 470-471.

(5) *Ibid.*, t. III, p. 314. On ignore la date à laquelle fut construite cette écluse ; elle fut renouvelée de 1394 à 1396

(6) Warnkœnig, *Histoire de Flandre*, t. II, p. 187.

(7) Cité par Warnkœnig, *ibid.*, p. 56.

On y trouvait déjà les richesses de toutes les parties du monde.

Attirés par l'importance du transit, les marchands vinrent s'établir sur les bords du golfe, où bientôt s'élevèrent Termuyden, Monikerede, Houcke et l'Écluse, tandis que grandissait la prospérité de Damme. Plus d'une parmi ces villes aurait pu faire à Bruges une concurrence désastreuse ; mais le privilège de l'étape, qui lui fut octroyé à une date inconnue (1), lui assurait sur la navigation du Zwin les droits les plus importants : toutes les marchandises qui pénétraient dans le bras de mer devaient être offertes en vente d'abord à Bruges, à l'exception de quelques denrées qu'il était permis d'exposer à Damme, Houcke et Monikerede. C'est après de nombreuses luttes avec les bourgeois des villes environnantes, notamment avec ceux de l'Écluse, que Bruges se trouva définitivement en possession de ce droit (2).

Au début du XIIIe siècle, plus de trente-quatre nations alimentent de leurs produits le trafic de son port. Un document contemporain qui les énumère nous instruit sur la provenance des denrées qui figuraient dans le commerce maritime, en même temps qu'il atteste l'étendue et la variété des rapports de Bruges avec l'étranger (3). L'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande envoyaient des laines, des cuirs, du plomb, des charbons de roche, des fromages et des suifs ; la Russie importait ses pelleteries et le

(1) Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, p. 4. — Sur le droit d'étape, voir Gaillard, *Anciennes institutions commerciales*, *Privilège d'étape*; et Biedermann, *Das Stapelrecht*, *Vierteljahrschrift für Volkswirthschaft, Politik und Kulturgeschichte*, t. LXXII. Berlin, 1881, p. 1.

(2) Gaillard, *op. cit.*, p. 5. Voir aussi *Hansisches Urkundenbuch*, t. IV, n° 234.

(3) Ce texte, rédigé en 1200 à l'usage des marchands, a été maintes fois reproduit ; on le trouvera dans Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple de Bruges*, t. I, p. 14, et dans Kervyn de Lettenhove, *Histoire de Flandre*, t. II, p. 300, note 5 ; l'original en est conservé à la Bibliothèque nationale de Paris.

Danemark ses chevaux ; de Hongrie, de Bohême et de Pologne on expédiait à Bruges la cire, l'or et l'argent en lingots ; la Navarre fournissait la laine filée, la basane, la réglisse, des amandes et des draps « dont on fait grandes voiles aux nefs » ; d'Aragon nous venaient le safran et le riz, d'Allemagne le vin, les blés et le fer ; les marchands des royaumes de Léon, de Castille et d'Andalousie exposaient à Bruges la cochenille, les filasses, les laines, le vif-argent, le cumin, l'anis et des fruits ; on trouvait sur les quais du port le saindoux de Galicie, les raisins du royaume de Grenade, les épices d'Égypte, de Palestine et d'Arménie, les pelleteries de Fez et de Tunis, les sucres du Maroc (1), les aluns de Majorque et de Constantinople (2), enfin les draps d'or de la Tartarie (3).

En 1285, le vieux port de Bruges, situé en aval de la Reye, n'est plus assez spacieux pour contenir les bateaux qui entrent dans le Zwin. Le comte et le magistrat s'empressent d'accéder au vœu des marchands et creusent un bassin au centre de la ville. La partie de la Reye qui longe la place et communique avec le nouveau port est couverte d'un bâtiment (waterhalle) long de cent mètres et large de vingt et un, qui occupe tout le côté oriental de la grand'place. De vastes magasins s'établissent sous cette halle, où le chargement et le déchargement des marchandises se font constamment à couvert (4).

(1) Le sucre était surtout amené à Bruges par les Vénitiens qui allaient le chercher en Égypte, et dans l'île de Candie ; la canne était cultivée en Sicile et en Espagne avant 1150, et les raffineries existaient déjà dès la première moitié du XIIIe siècle (Gaillard, *Étude sur le commerce de la Flandre au moyen âge*, II, *Mouvement commercial de Bruges*, p. 31). Le sucre était alors une denrée fort chère : le prix de la livre oscillait entre 4 et 10 sols parisis au cours du XIVe siècle (Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. II, p. 206).

(2) L'alun, qui servait à la tannerie, était spécialement importé par les Italiens qui le tiraient eux-mêmes de l'Asie mineure (Gaillard, *op. cit.*, p. 6).

(3) A cette nomenclature, il faudrait ajouter la France, Gênes et Venise, dont les marchands fréquentaient assidûment nos côtes.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. V, p. 318.

Quelle que fût alors l'importance du port de Bruges, c'est au XIVe siècle seulement qu'il atteignit l'apogée de sa fortune. Un service régulier de navigation relie à cette époque le port du Zwin à ceux de Gênes et de Venise. Les foires de Champagne avaient été, durant le XIIIe siècle, le rendez-vous des marchands flamands et génois ; les progrès de la navigation maritime diminuèrent l'importance des foires, et, sous le règne de Philippe le Bel, les Italiens commencèrent à se détourner des marchés de la Champagne. Quelques années plus tard (1315), la guerre s'étant rallumée entre la France et la Flandre, Louis le Hutin interdit à ses sujets tout commerce avec les Flamands ; ceux-ci abandonnèrent les foires françaises, et les Génois, cherchant à renouer avec nos marchands les relations interrompues, prirent, à travers la mer, le chemin de la métropole flamande (1). En 1324, un service régulier de galères est établi de Gênes à Bruges (2).

Quant aux Vénitiens, ils avaient fixé de bonne heure sur nos côtes le siège de leurs opérations commerciales avec les marchands de l'Empire. En 1317, le gouvernement de la République équipa lui-même plusieurs escadres, formées chacune de quatre ou six galères, et destinées au commerce des Vénitiens avec les principaux ports d'Europe et d'Orient. La flotte de Flandre appareillait pour le plus long voyage. Après avoir trafiqué sur les rivages de l'Afrique, elle longeait les côtes de l'Espagne, du Portugal et de la France, pour mouiller dans les ports de l'Angleterre et des Pays-Bas. Les galères de Flandre apportaient les vins de Chypre, les fruits secs, le sucre en poudre dont Venise approvisionnait la Flandre, la soie, les cotons bruts ou filés, des épices, des drogues, des aromates, et une foule d'autres denrées du Levant. Le transport des matières premières n'offrant aux spécula-

(1) Bourquelot, *Études sur les foires de Champagne*, p. 195.
(2) Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels*, t. I, pp. 127-128.

teurs de Venise que le bénéfice du fret, ils chargeaient aussi les galères des produits de leur propre industrie : glaces, verres, riches étoffes de laine, de soie et d'or. Ils rencontraient à Bruges les marchands de l'Empire affiliés à la Hanse teutonique, et leur vendaient les marchandises apportées d'Orient. Les Vénitiens étaient autorisés à exposer en vente à Bruges, pendant quarante-cinq jours, les produits qu'ils déchargeaient de leurs galères (1). Celles-ci redescendaient alors vers Venise, après s'être pourvues de toutes les denrées que les pays du nord pouvaient fournir à ceux du midi (2). Un auteur évalue à 100 000 ducats d'or, soit à plus de 1 700 000 francs, la cargaison de chacune de ces galères (3). Cette estimation n'est peut-être pas exagérée : la plupart de ces marchandises étaient des matières précieuses, n'offrant qu'un faible poids et un faible volume, et chaque galère jaugeait 1000, 1200 ou 2000 tonnes.

La fonction économique du port de Bruges au moyen âge s'accuse nettement dans la disparition de sa flotte de commerce. Chez presque tous les peuples, le développement de la marine marchande est le corollaire naturel de la prospérité du commerce et de l'industrie ; mais à mesure que le rôle de Bruges grandit dans le trafic international, les bateaux flamands cessent de participer au mouvement de son port. Les populations de la côte pratiquent encore le cabotage et ne délaissent point les occupations fructueuses de la pêche, mais elles abandonnent presque complètement la navigation au long cours (4). L'activité des manufactures flamandes eût bien permis à nos marins d'échanger dans les ports d'Angle-

(1) Archives de l'État à Bruges ; *Ouden Wittenbouc*, fol. 17, n° 2.
(2) Daru, *Histoire de la République de Venise*, livre XIX.
(3) Gilliodts-Van Severen, *Cartulaire de l'ancienne estaple*, t. I, p. 177.
(4) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 242.

terre et d'Écosse leurs cargaisons de draps contre des chargements de laines, car l'industrie drapière avait pris une importance de plus en plus considérable : les tissus de Flandre étaient répandus dans toute l'Europe, et figuraient dans les bazars d'Orient avec les damas, les brocarts et les draps d'or et d'argent (1). Au milieu du XIVe siècle, l'importation des laines anglaises est si active, qu'elle occasionne, en 1354, le déplacement d'un capital de 294 184 livres d'Angleterre (2) ; mais Bruges avait acquis l'étape des laines anglaises, et les drapiers achetaient sur les quais du port la précieuse matière qu'ils avaient dû autrefois aller chercher au delà de la mer (3). Les marchands étrangers, concentrés à Bruges, pénétraient eux-mêmes dans l'intérieur du pays pour se procurer les marchandises destinées à l'exportation. L'office de courtier qu'elle remplit entre les nations marchandes absorbe l'activité de Bruges et l'isole de son arrière-pays. La Hanse de Londres qui l'unissait aux principales villes drapières avait monopolisé durant de longues années le commerce de la Flandre avec l'Angleterre ; Bruges se dégage de cette association, dont l'exclusivisme aurait entravé l'essor des relations internationales : dès avant le XIVe siècle, il n'est plus fait mention de la Hanse de Londres (4).

Aussi longtemps que les fleuves et les routes furent les grandes artères du commerce, nos marins transportaient vers l'Angleterre et les côtes de la mer Baltique les marchandises amenées de l'Europe centrale ; mais lorsque les progrès de la navigation eurent développé l'industrie des transports maritimes, et que Bruges fut devenue le grand port d'échange d'Occident, les navires étrangers

(1) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. I, p. 250.

(2) Varenberg, *Histoire des relations diplomatiques entre le Comté de Flandre et l'Angleterre au moyen âge*, p. 290.

(3) Pirenne, *La Hanse flamande de Londres*, BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE (classe des lettres), 1899, p. 102.

(4) *Ibid.*, p. 103.

finirent par accaparer le fret. Quel que fût son port d'origine, tout navire qui arrivait à Bruges était aussi sûr de trouver à se charger, dans cet entrepôt des richesses du nord et du midi, que de pouvoir s'y débarrasser de sa cargaison. Il n'en était pas ainsi, au départ de Bruges, pour le marin de Flandre; il pouvait craindre de se voir, au retour, réduit à naviguer sur lest, chaque nation réservant à son pavillon les avantages de son commerce. Entre étrangers et flamands, la lutte pour le fret devenait inégale, et les premiers ne tardèrent pas à monopoliser l'industrie des transports. Les comtes de Flandre eurent alors la sagesse de ne point s'obstiner à disputer cet avantage à la concurrence étrangère ; ils comprirent de bonne heure quelle source de prospérité un grand port d'échange offrait à la Flandre, et leurs efforts tendirent à favoriser le contact entre les peuples étrangers.

Du canal de Gibraltar au fond de la Baltique, il n'est pas une nation marchande qui ne possède à Bruges ses consuls, ses magasins et ses comptoirs (1). Bruges n'est pas seulement le grand marché des laines anglaises, le dépôt central des draps et des toiles de Flandre, elle est l'entrepôt du commerce de l'univers.

Telle est l'importance de la ville au XIVe siècle, que sa cotisation dans les aides et subsides que la Flandre accorde à Philippe le Hardi, en 1388, dépasse le cinquième du tribut de la Flandre tout entière (2). L'abondance des capitaux correspond à l'afflux des

(1) Les Guinigi de Lucques avaient treize représentants à l'étranger : quatre d'entre eux résidaient à Bruges (Schulte, *Geschichte des mitelalterlichen Handels*, t. I, pp. 289 et 349).

(2) Ces subsides s'élevaient à 100 000 francs d'or ; Bruges fut taxée pour une somme de 22 708 francs (Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. III, p. 111). On ne possède point de données précises sur la population de Bruges à cette époque. M. Pirenne (*Histoire de Belgique*, t. I, p. 260) estime qu'on peut, sans tomber dans l'exagération, fixer à 80 000 le chiffre de la population brugeoise au cours de la période qui va de la fin du règne de Gui de Dampierre au début de la guerre de cent ans (1305 à 1337).

marchandises. Attirés par l'activité du trafic international, les Lombards ont développé depuis longtemps le commerce d'argent, et Bruges est devenue le premier comptoir financier d'Occident (1). La circulation monétaire s'accroît même au xve siècle. Les grandes maisons de banque italiennes ouvrent des guichets à Bruges, les Médicis y établissent une succursale, et l'on y traite encore sous le règne de Charles le Téméraire de vastes opérations de crédit. C'est alors aussi que la ville déploie le plus de luxe et de magnificence, mais sa puissance économique ne répond plus aux splendeurs dont elle s'entoure (2) ; au xve siècle, l'étoile de Bruges a dépassé le zénith et penche vers son déclin.

Dépourvue de flotte, Bruges avait trouvé dans son port d'échange international le mouvement d'affaires qui entretenait sa prodigieuse vitalité ; elle ne pouvait maintenir sa fortune qu'à la condition de rester le marché commun des nations (3). Or, au xve siècle, le comptoir de la Hanse teutonique, qui assurait ses relations avec les peuples du nord, perd son ancienne importance : ce fut, pour la métropole flamande, un coup désastreux. Les marchands d'Angleterre, suivis bientôt des marchands du Midi, prirent la route de l'Escaut, et fixèrent à Anvers le centre de leurs opérations. L'exode de cette clientèle cosmopolite s'accuse dans la dépréciation considérable du produit des accises, qui frappaient surtout les objets du commerce de transit et d'exportation : en 1404-05, aucun spéculateur ne se présente à l'adjudication de l'impôt, et la ville est obligée de substituer la perception directe à la mise à ferme usitée jusqu'à cette époque (4).

(1) Cfr. Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. II, p. 395.

(2) En 1369-70, la ville distribue du blé et des souliers au peuple et les budgets se soldent désormais en déficit.

(3) Hildebrand, *Zur Geschichte der deutschen Wollindustrie* ; Jahrbücher für National Œkonomie und Statistik, t. VI et VII, 1865-66, p. 241. — Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. II, p. 395.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives de la ville de Bruges*, t. IV, p. 42.

C'est en vain que Bruges lutte à coups de mesures protectionnistes pour le maintien d'une prépondérance qui lui échappe (1) : Anvers la supplante de jour en jour dans le commerce international.

Des circonstances diverses concouraient d'ailleurs à pousser vers Anvers les navires qui faisaient voile vers les Pays-Bas. Le début du xve siècle marque, pour les côtes de Flandre, une recrudescence de la piraterie. Des écumeurs de mer, venus d'Angleterre et d'Écosse, de Bretagne et de Normandie, de Castille même, et surtout de Zélande ferment, pour ainsi dire, au commerce le golfe du Zwin, moins abrité que la rade d'Anvers contre les ravages des corsaires.

La nature elle-même précipite la décadence de Bruges : le caprice des eaux qui lui avait permis d'édifier sa fortune en lui ouvrant la route de l'univers, s'acharnait depuis longtemps (2) à détourner au profit de sa rivale le transit maritime : tandis que des inondations élargissent l'Escaut occidental et donnent à Anvers un accès direct à la mer, la baie du Zwin s'ensable et finit par se combler tout à fait.

A la fin du xve siècle, un petit commerce de draperie anime à peine la ville (3), et quatre à cinq mille maisons « vagues, closes et venans en ruyne » (4) attestent la chute rapide de Bruges, qui jadis n'avait point de rivale dans les contrées du nord et que Venise seule égalait peut-être au midi.

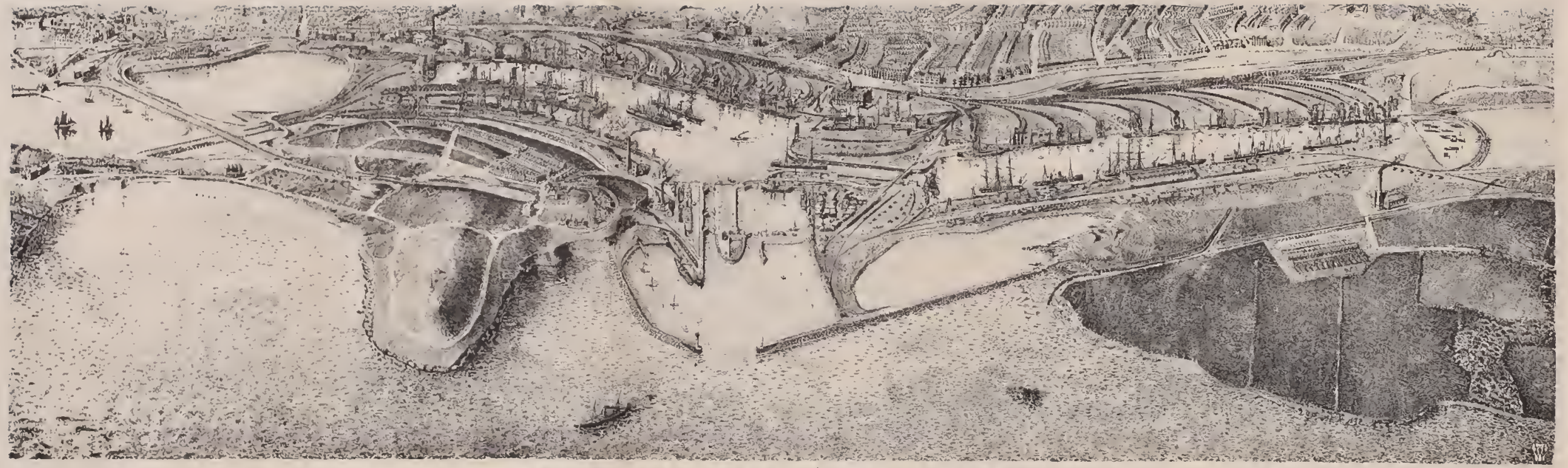
GEORGES EECKHOUT.

(1) *Hanserecesse*, 1431-1476, t. I, p. 233. — Gilliodts-Van Severen, *op. cit*, t. IV, pp. 53 et 140.

(2) Sur les sacrifices que Bruges s'est imposés durant plusieurs siècles pour conserver et rétablir la navigabilité du Zwin, voir Gilliodts-Van Severen dans *la Flandre*, 1882, p. 319; du même auteur, *Invent. des arch. de la ville de Bruges*, Intr. p. 470, et *Bruges port de mer*. pp. 43 et ss.

(3) Pirenne, *Histoire de Belgique*, t. II, p. 397.

(4) Gilliodts-Van Severen, *Inventaire des archives*, t. VI, p. 386.



BARRY DOCKS 1901

III

LE PORT DE BARRY

—

Le port de Barry est situé sur la rive nord du canal de Bristol, en pays de Galles. Né d'hier, il n'a pas d'histoire : il est exclusivement ou à peu près un port d'exportation de charbon. Son existence a eu sur le commerce maritime du Royaume-Uni cet effet appréciable d'augmenter encore la facilité de trouver un fret de retour pour les vaisseaux toujours plus nombreux qui portent les produits du monde entier dans les ports britanniques.

Sa création a permis aussi à l'industrie houillère galloise de prendre une nouvelle extension et d'augmenter sa production de plusieurs millions de tonnes par an.

Or le charbon gallois de la qualité dite *steam coal* est le charbon type et sans rival pour la navigation à vapeur, donnant un maximum de chaleur avec un minimum de fumée ; très pur et exempt de pyrites, il n'est pas sujet à la combustion spontanée qui expose les navires au danger d'incendies d'autant plus redoutables que les feux qui les allument ont longtemps couvé dans les soutes.

Ce charbon *steam coal* est recherché par toutes les flottes du monde, et les vaisseaux qui en embarquent à défaut d'autre fret sont toujours certains de vendre convenablement leur cargaison.

C'est donc en premier lieu à la qualité exceptionnelle de ce charbon, à la richesse et à la facilité d'exploitation du bassin houiller qui le contient, que le Pays de Galles doit le développement considérable de son industrie et que les ports gallois : Cardiff, Barry, Newport, Swansea, doivent leur prospérité ; mais c'est aussi à la clairvoyance, à l'esprit d'entreprise, à la persévérance et à la

puissance des fondateurs de Cardiff et de Barry qu'il faut attribuer la rapidité et la grandeur de ce développement.

J'ai dit plus haut que les ports du canal de Bristol sont des ports d'exportation ; est-ce à dire qu'ils soient condamnés à rester tels ? Je crois que, si les circonstances l'exigent, les propriétaires des ports pourront modifier cet état de choses.

Le Sud Galles constitue, il est vrai, un arrière-pays bien pauvre et le commerce d'importation est limité pour le moment aux besoins de la classe ouvrière massée dans la région des mines, et à certains besoins de l'industrie minière et métallurgique.

Voici, par exemple, le relevé des importations de Cardiff en 1905 :

Minerais de fer	876 457	tonnes
Fonte	12 466	»
Fers en barres ou ouvrés	64 154	»
Bois de charpente	25 944	»
Planches et bouts	92 641	»
Bois pour parquets et divers	15 781	»
Bois de mines	357 393	»
Céréales et farines	379 101	»
Pommes de terre	52 863	»
Briques	2 009	»
Marchandises générales	245 183	»
Total	2 123 992	»

Mais derrière la région montagneuse galloise s'étendent les comtés du Midland, pays très riches et de consommation intense, dont Cardiff et Barry, plus rapprochés que Liverpool et les autres ports anglais, pourront un jour conquérir la clientèle au moins jusque Birmingham : il leur suffira de s'outiller mieux pour l'importation et de développer leurs communications ferrées avec ces contrées. Au surplus, ceci concerne l'avenir.

Les points qui doivent surtout retenir l'attention dans l'étude du port de Barry sont les suivants :

Le port et son réseau de voies ferrées sont l'œuvre de l'initiative privée, sans aucun subside des pouvoirs publics.

Cette œuvre a été conçue et exécutée avec une rapidité remarquable.

Le succès et la prospérité du port ont dépassé les prévisions des plus optimistes de ses fondateurs : après seize années d'existence Barry a eu, en 1905, un mouvement total de plus de 9 millions de tonnes, atteignant presque celui de Cardiff, qui date de 1838, et est le troisième port du Royaume-Uni.

Origine du port de Barry

Au nord du canal de Bristol, la terre de Galles va s'élevant en pente douce vers des régions montagneuses d'aspect sauvage sillonnées de nombreuses vallées.

Dans la partie orientale, celle comprise entre Newport et Swansea, ces vallées se divisent en trois groupes :

Le groupe des vallées convergeant vers le sud-est, où est Newport ;

Le groupe central, de beaucoup le plus important, convergeant vers la vallée de la Taf et vers Cardiff, qui marque l'embouchure de ce cours d'eau ;

Le groupe de l'ouest, peu important, qui dirige ses eaux vers la baie de Swansea.

C'est dans cette région montagneuse que gît l'un des plus beaux bassins houillers du monde.

La partie de ce bassin actuellement reconnue et en exploitation a 27 kilomètres du nord au sud et 38 kilomètres de l'est à l'ouest ; sa superficie dépasse 100 000 hectares, et l'éminent ingénieur Foster Brown estime à plus de 6 milliards de tonnes sa richesse en charbon

steam coal sans tenir compte des charbons d'autre qualité, dits charbons bitumineux.

Au taux actuel de la production du bassin gallois, soit 43 millions de tonnes par an, le double de la production des bassins belges, cette réserve connue de *steam coal* est suffisante pour un siècle et demi.

Or, en 1830, le pays de Galles était encore un pays pauvre : le marquis de Bute (second du nom), qui y possédait des territoires immenses, obtenait à peine de ses terres 20 shellings l'hectare.

Sa richesse minérale était connue, mais inaccessible, et elle n'attirait guère les capitalistes ; la preuve en est dans ce fait que le père du marquis avait accordé des licences d'exploitation de 99 ans sur ses domaines de Dowlais et d'Hirwain moyennant une redevance annuelle totale de £ 50, soit 1250 francs, et cependant l'industrie ne s'y développait pas.

Mais le second marquis était un homme d'une rare intelligence et d'une indomptable énergie.

Convaincu de la richesse minérale du pays, il entrevit le Glamorgan devenu un centre industriel de premier ordre, attirant une foule de capitalistes, dont les efforts bien dirigés seraient une source de richesses dont lui, Bute, recevrait sa part légitime.

Arrivé à cette conclusion, il décida de mener l'entreprise à ses frais, risques et périls, s'entoura de conseils techniques de premier ordre, obtint en juillet 1830 du Parlement un acte lui octroyant les autorisations nécessaires, et, en 1839, il inaugura le premier dock de Cardiff qui lui avait coûté dix millions. Une compagnie avait construit en même temps un chemin de fer reliant Cardiff à Merthyr Tydvil, point culminant de la vallée de la Taf.

Ce fut le point de départ d'un grand développement de l'industrie dans ce pays jusqu'alors délaissé. — Lord Bute ne se lassait pas d'ailleurs d'agrandir son port, de perfectionner son outillage, de favoriser la création de nou-

veaux chemins de fer, et ainsi s'ouvraient successivement à l'industrie les vallées de la Rhondda, de Rhymney, d'Aberdare.

Cardiff, écrasant de sa supériorité les ports de Newport et Swansea, croissait avec une rapidité dont le tableau suivant donnera une idée exacte :

ANNÉES	MOUVEMENT DU PORT Tonnes	POPULATION Habitants
1840	46 000	10 000
1850	873 000	18 000
1860	2 226 000	33 000
1870	2 804 000	59 000
1880	6 291 000	85 000
1890	9 218 000	129 000
1900	10 301 000	165 000
1904	10 271 000	180 000

Vraiment, c'était un homme brave le second marquis de Bute ; la grandeur de son œuvre et les résultats qu'elle a produits pour les autres et pour lui-même proclament la sagesse de ses actes et la sûreté de son jugement.

Malheureusement, sa mort marqua un arrêt complet dans le développement de l'œuvre entreprise.

Le troisième marquis de Bute, fatigué, semble-t-il, des efforts de son père, reculait effrayé devant la tâche qui lui incombait, malgré les supplications d'un peuple puissant d'armateurs, d'industriels et de marchands, impatient d'augmenter encore la puissance productrice du pays.

Voilà l'origine du port de Barry.

En 1883, un groupe nombreux d'hommes, les plus éminents et les plus riches de l'industrie houillère, de l'armement, du commerce et même de la propriété foncière, demandèrent au Parlement l'autorisation de créer sur un point désert de la côte du canal de Bristol un port considérable et un réseau de chemins de fer, à leurs frais, risques et périls.

Ces hommes se souvenaient des grands exemples donnés par le fondateur de Cardiff ; je citerai parmi eux Lord Windsor et Lord Romilly, propriétaires des territoires où allaient s'édifier le nouveau port et la nouvelle cité, Archibald Hood, David Davis, Robert Forest, Crawshay, Baily, Thomas, propriétaires de mines, Harrison Page, John et Richard Cory, armateurs et exportateurs.

Malgré l'opposition opiniâtre de Lord Bute, qui fit défendre ses idées et son point de vue par ses représentants devant la Commission du Parlement, celle-ci approuva le projet après quarante-trois séances de discussion ; mais la Chambre des Lords le repoussa.

On prétendit que Cardiff et le pays de Galles étaient arrivés à leur apogée ; que rien ne faisait sentir le besoin d'un nouveau port qui constituerait une concurrence inutile et désastreuse pour Cardiff, déloyale même, étant donnés les services rendus au pays par le marquis de Bute.

Mais avec une persévérance toute britannique, les promoteurs du projet étaient déjà retournés au Parlement, faisant valoir l'engorgement progressif de Cardiff et de ses voies d'accès, dont l'état de congestion devenait chronique ; ils montrèrent que 19 % des navires se présentant à Cardiff en 1883 avaient dû attendre de deux à cinq jours et 11 % des navires de six à quinze jours avant d'entrer au port, et qu'il en résultait une perte de £ 150 000, soit près de quatre millions, pour les armateurs. Ils prouvèrent que de nombreux charbonnages étaient entravés dans leur expansion par l'insuffisance des moyens de transport et d'embarquement ; que le port projeté de Barry et son réseau de chemins de fer sauveraient le pays des difficultés les plus graves.

Cette fois le Parlement et la Chambre des Lords furent d'accord et, avant que l'année 1884 fut finie, la Compagnie du Port et des Chemins de fer de Barry était fondée et en possession du *Parliament's Act* qui lui était nécessaire.

En juillet 1889, à peine cinq ans après, le premier dock et la première ligne de la Compagnie étaient inaugurés, et pendant les cinq derniers mois de la même année le nouveau port embarqua plus d'un million de tonnes.

Développement du port de Barry

	ANNÉES	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE ENREGISTRÉ	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	TOTAL
				TONNES	TONNES	TONNES
5 1/2 mois	1889	598	567 958	14 745	1 091 657	1 106 402
1e année	1890	1755	1 692 223	63 675	3 201 621	3 265 296
2e »	1891	2096	2 007 271	87 533	3 968 041	4 055 574
3e »	1892	2182	2 236 827	81 764	4 201 865	4 283 629
4e »	1893	2162	2 199 906	145 406	4 217 171	4 362 577
5e »	1894	2166	2 510 605	167 696	4 899 317	5 067 014
6e »	1895	2278	2 516 122	206 872	5 059 676	5 266 548
7e »	1896	2646	2 696 745	210 446	5 285 002	5 495 448
8e »	1897	2806	3 167 311	248 549	5 859 255	6 107 604
9e »	1898	2271	2 438 960	178 161	4 373 238	4 551 399
10e »	1899	3278	3 742 356	252 053	7 237 264	7 489 317
11e »	1900	3115	3 776 828	255 279	7 231 717	7 486 996
12e »	1901	3076	3 846 598	254 252	7 851 165	8 085 417
13e »	1902	3072	4 157 549	258 491	8 681 614	8 940 105
14e »	1903	3126	4 275 153	389 596	8 855 180	9 244 776
15e »	1904	3060	4 315 566	423 827	9 125 431	9 549 258
16e »	1905	3225	4 278 759	399 996	8 671 868	9 071 864

Tandis que la Compagnie de Barry poursuivait avec une grande activité l'exécution des docks et des installations en vue desquels elle s'était constituée, les exploitants des mines, encouragés, augmentaient rapidement leur production, et sans que le port de Cardiff perdît rien de son importance, au contraire, le port de Barry prospéra comme on le voit par le tableau qui précède.

Il y a un seul moment de défaillance dans cette série d'années prospères, c'est en 1898 ; le tonnage tombe de 6 107 000 tonnes à 4 551 000 tonnes ; mais l'année suivante il rebondit à 7 486 000 tonnes. Le même phénomène s'est produit cette année-là à Cardiff, où le tonnage est tombé de 10 238 000 tonnes à 7 498 000 tonnes pour remonter à 10 975 000 tonnes en 1899.

Cela était dû à une cause générale : les grandes grèves qui désolèrent le pays de Galles.

On le voit, la création de Barry répondait à un besoin d'expansion industrielle ; son commerce d'importation est presque nul, représentant à peine 4 1/2 °/₀ de l'ensemble, au point de vue du tonnage bien entendu.

Voici le relevé des importations pour l'année 1905 :

Bois de mines	309 780	tonnes
Bois de charpente	35 943	»
Fers et minerais	1 030	»
Matériaux de construction	13 055	»
Marchandises générales	40 188	»
Total :	399 996	»

Et le relevé des exportations pour la même année :

Charbon	8 612 881	tonnes
Coke	38 631	»
Rails	678	»
Fers et minerais	780	»
Marchandises générales	18 898	»
Total :	8 671 868	»

Total :

Importations	399 996	tonnes
Exportations	8 671 868	»
Total :	9 071 864	»

Le nombre de navires ayant visité le port est de 3225 ; leur tonnage enregistré de 4 278 759 tonnes, ce qui correspond à un tonnage moyen de 1326 tonnes par navire.

Le tableau suivant, donnant la division des navires en steamers et voiliers, peut être intéressant ; je ne possède, malheureusement, les chiffres que jusqu'en 1902.

ANNÉE FINISSANT LE 31 DÉCEMBRE	STEAMERS		VOILIERS		TOTAL	
	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE	NOMBRE	TONNAGE
1889	461	440 679	137	127 279	598	567 958
1890	1321	1 310 039	432	382 184	1753	1 692 223
1891	1613	1 645 208	483	362 063	2096	2 007 271
1892	1681	1 787 225	501	449 602	2182	2 236 827
1893	1759	1 819 228	403	380 678	2162	2 199 906
1894	1814	2 125 978	352	384 625	2166	2 510 603
1895	1921	2 203 805	357	312 317	2278	2 516 122
1896	2312	2 402 979	334	293 764	2646	2 696 743
1897	2489	2 844 862	317	322 449	2806	3 167 311
1898	1997	2 217 910	274	221 050	2271	2 438 960
1899	2982	3 529 163	296	213 193	3278	3 742 356
1900	2909	3 565 626	206	211 202	3115	3 776 828
1901	2904	3 675 887	172	170 711	3076	3 846 598
	26 163	29 568 589	4 264	3 831 117	30 427	33 399 706

Le nombre de voiliers, qui était de 501 en 1892, est descendu graduellement à 172 en 1901 ; leur tonnage moyen est resté à peu près constant de 930 à 990 tonnes.

Le tonnage moyen des steamers, au contraire, n'a cessé d'augmenter ; de 980 tonnes par navire en 1889, il est monté à 1326 tonnes en 1905, en augmentation de plus de 35 °/₀.

Le tableau ci-joint donne le relevé complet du mouvement du port émanant de la comptabilité de la Compagnie de Barry, et daté du 13 janvier 1906.

Sur ces rivages encore déserts il y a moins de vingt ans, s'élève une agglomération imposante de maisons, renfermant une population de plus de 35 000 âmes, pourvue d'églises, d'hôtels, de tramways et de toutes les facilités modernes.

Description du port de Barry : ce qu'il a coûté

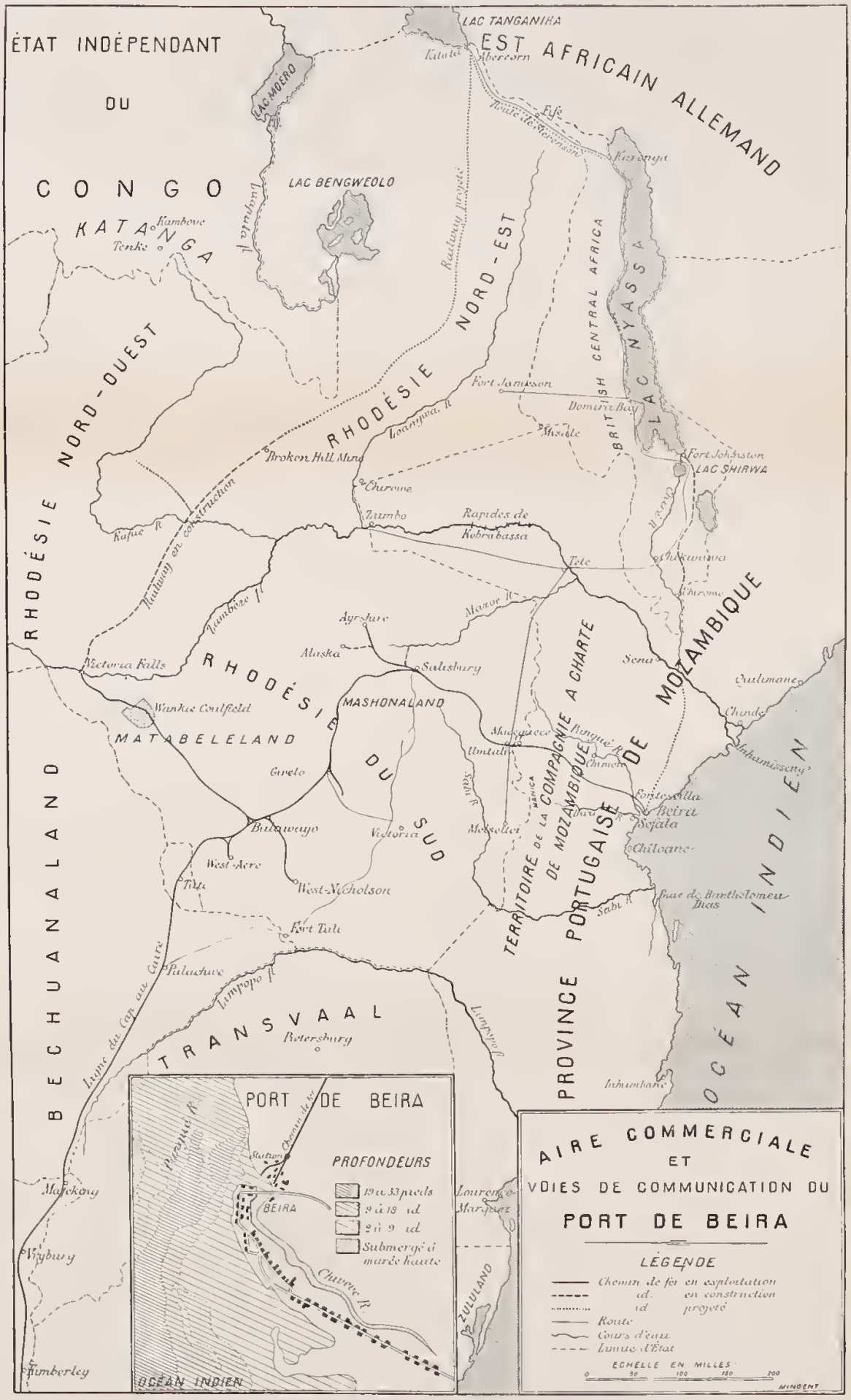
A l'endroit où s'élève Barry, la côte du canal de Bristol, dont la direction va de l'est à l'ouest, présente une échancrure profonde, semi-circulaire, dans laquelle l'île de Barry est logée.

L'île a la forme d'un champignon dont la tête, tournée vers la côte, se courbe parallèlement à celle-ci ; la queue, tournée vers le sud, s'élève graduellement et forme un promontoire qui protège contre les vents d'ouest et de sud-ouest le chenal qui la sépare de la côte.

Les navires venant du large passent d'abord, sans quitter les eaux profondes, entre deux phares éloignés de 110 mètres, reliés à la terre par de très importants brise-lames.

Le phare ouest est à feux intermittents, haut de 14 mètres et de cinquième ordre ; le phare est, beaucoup plus petit, est à feux fixes.

Ces phares marquent l'entrée de l'avant-port, qui sert


ÉTAT INDÉPENDANT
DU
CONGO
KATANGA
Kambove
Tenke
LAC MOERO
LAC BENGWEOLO
Lufira R.
Railway projeté
LAC TANGANIKA
EST AFRICAIN ALLEMAND
Kitutu
Abercorn
Route de Bernson
Fife
Karonga
RHODÉSIE NORD-OUEST
RHODÉSIE NORD-EST
BRITISH CENTRAL AFRICA
LAC NYASSA
Fort Jameson
Domira Bay
Msiale
Fort Johnston
LAC SHIRWA
Broken Hill Mine
Luangwa R.
Chirome
Zumbo
Rapides de Kebrabassa
Tete
Shekwirwa
Shiroma
Kafue R.
Railway en construction
Zambèze R.
Mazoe R.
Ayrshire
Alaska
Salisbury
Victoria Falls
RHODÉSIE DU SUD
MASHONALAND
Wankie Coalfield
MATABELELAND
Gwelo
Umtali
Mutasuces
Pungué R.
Chimoio
Senna
MOZAMBIQUE
Quilimane
Chinde
Inhamessengo
TERRITOIRE DE LA COMPAGNIE A CHARTE DE MOZAMBIQUE
Sabi R.
Beira
Sofala
Chiloane
Bulawayo
Victoria
Mokolloi
West-Acre
Tuli
West-Nicholson
Fort Tuli
Baie de Bartholomeu Dias
Sabi R.
PROVINCE PORTUGAISE
OCÉAN INDIEN
BECHUANALAND
Ligne du Cap au Caire
Palachwe
Limpopo R.
TRANSVAAL
Pretoria
Inhambane
Mafeking
Vryburg
Kimberley
Lourenço Marques
ZULULAND
OCÉAN INDIEN
PORT DE BEIRA
Pungué R.
Rotton
Chemin de fer
BEIRA
Chiveve R.
PROFONDEURS
19 à 33 pieds
9 à 19 id.
2 à 9 id.
Submergé à marée haute
AIRE COMMERCIALE
ET
VOIES DE COMMUNICATION DU
PORT DE BEIRA
LÉGENDE
Chemin de fer en exploitation
id. en construction
id. projeté
Route
Cours d'eau
Limite d'État
ÉCHELLE EN MILLES
0 50 100 150 200
MINGENT

BARRY DOCKS

Nombre de Navires — Tonnage enregistré — Importations et Exportations pour les années 1889 *à* 1905

ANNÉES	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE ENREGISTRÉ	IMPORTATIONS								EXPORTATIONS						TOTAL DES IMPORTATIONS ET DES EXPORTATIONS
			BOIS DE MINES	BOIS DE CHARPENTE	RAILS	SABLE BLANC	FER ET MINERAIS	Matériaux de Construction	Marchandises Générales	TOTAL DES IMPORTATIONS	CHARBON	COKE	RAILS	FER ET MINERAIS	Marchandises générales	TOTAL DES EXPORTATIONS	
			TONNES	TON.	TON.	TON.	TON.	TON.	TON.	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES	TONNES
1889	598	567 958	7470	2543	2224	521	942	880	365	14 745	1 076 061	12 587	—	2496	713	1 091 657	1 106 402
1890	1753	1 692 223	23 918	16 764	6069	1809	7579	4653	2881	63 675	3 135 439	57 277	2227	4597	2081	3 201 621	3 265 296
1891	2096	2 007 271	55 020	13 970	3333	3371	2316	8965	558	87 533	3 904 844	54 777	2686	3755	1979	3 968 041	4 055 574
1892	2182	2 236 827	45 593	15 728	1682	3536	387	12 597	2241	81 764	4 110 622	80 454	1841	5447	3501	4 201 865	4 283 629
1893	2162	2 199 906	116 560	14 991	727	4991	645	6183	1309	145 406	4 159 320	52 502	1019	414	3916	4 217 171	4 362 577
1894	2166	2 510 605	138 603	17 952	1607	4149	548	3152	1686	167 697	4 822 921	73 763	—	253	2380	4 899 317	5 067 014
1895	2278	2 516 122	174 367	17 419	—	3666	342	9587	1491	206 872	4 998 630	53 202	11	471	7362	5 059 676	5 266 548
1896	2646	2 696 743	144 281	33 215	1005	5494	11	22 559	3881	210 446	5 258 090	21 143	119	31	5619	5 285 002	5 495 448
1897	2806	3 167 311	179 103	35 902	486	3366	3000	19 510	6982	248 349	5 817 845	37 075	24	88	4223	5 859 255	6 107 604
1898	2271	2 438 960	113 477	28 822	—	2180	1705	25 789	6188	178 161	4 340 255	27 205	637	—	5141	4 373 238	4 551 399
1899	3270	3 742 356	156 007	51 378	—	4036	1902	31 694	7036	252 053	7 193 947	29 722	1431	149	12 015	7 237 264	7 489 317
1900	3115	3 776 828	215 827	19 017	1361	957	560	10 054	7523	255 279	7 198 855	27 431	2037	430	2964	7 231 717	7 486 996
1901	3076	3 847 598	174 772	34 781	—	2814	1879	17 725	2281	234 252	7 815 343	29 874	—	724	5224	7 851 165	8 085 417
1902	3072	4 157 549	196 401	35 310	—	2013	5985	11 429	7353	258 491	8 649 236	26 272	1562	—	4744	8 681 614	8 940 105
1903	3126	4 278 153	330 953	26 179	460	—	3491	13 749	14 764	389 596	8 810 127	30 764	1801	650	11 838	8 855 180	9 244 776
1904	3060	4 313 566	340 256	33 329	—	—	18 832	9008	22 402	423 827	9 086 273	28 405	314	—	10 439	9 125 431	9 549 258
1905	3225	4 278 759	309 780	35 943	—	—	1030	13 035	40 188	399 996	8 612 881	38 631	678	780	18 898	8 671 868	071 864

de refuge aux bateaux-pilotes, remorqueurs et autres bateaux de service.

De cette entrée, part un chenal de 450 mètres de long et de 5 mètres de profondeur à marée basse, conduisant les navires aux deux écluses d'entrée des docks.

De chaque côté de ces écluses s'avancent de longues jetées en bois qui guident les navires vers leurs portes. La jetée qui longe l'île est construite en pierres sur 200 mètres de long et sert d'accostage aux navires qui font le service du canal de Bristol, tandis que les trains y amènent ou y prennent les voyageurs et les marchandises que ces bateaux transportent.

L'entrée des docks, a-t-on dit, est commandée par deux écluses. En réalité, ce n'est pas tout à fait exact : on se trouve à gauche devant une véritable écluse nommée *Lady Windsor*, et à droite devant un bassin de moindre tirant d'eau isolé, au nord, des docks, au sud, de l'avant-port, par des portes de fer.

L'écluse de gauche a 200 mètres de longueur, 20 mètres de largeur et 18 mètres de profondeur ; elle est pourvue de 3 paires de portes de fer mises en mouvement par la force hydraulique ; ce dispositif connu permet de la diviser en deux compartiments pouvant recevoir chacun un navire de dimensions ordinaires.

La profondeur d'eau au seuil de l'écluse est de $15^{m},50$ à marée haute et de $7^{m},35$ à marée basse ; en réalité la profondeur est plus grande au centre du seuil qui est courbe, mais il faut compter avec les modèles de navires à base très large.

Les portes de droite donnent, comme je l'ai déjà dit, accès dans un bassin dit n° 3, qui a 200 mètres de long sur 155 mètres de large, et une superficie d'eau de 3 hectares. Le tirant d'eau, au seuil d'entrée et de sortie, n'y est que de $11^{m},70$ à marée haute et de $3^{m},60$ à marée basse ; aussi ne peut-on commencer à l'utiliser que deux

heures et demie avant les hautes eaux et doit-on en fermer les portes deux heures et demie après.

Les murs en sont verticaux, et il est spécialement aménagé pour recevoir les bois d'importation.

Les passages qui le ferment ont 25 mètres de large avec des portes de fer mues par la force hydraulique.

Ce bassin et l'écluse *Lady Windsor* débouchent dans le dock n° 1.

Ce dock s'étend vers l'ouest, occupant l'emplacement du chenal qui séparait l'île de la côte.

Il présente une longueur d'un kilomètre et une largeur de 350 mètres ; vers l'ouest, il est divisé en deux bras par un môle d'une longueur moyenne de 418 mètres ; le bras du nord a 155 mètres de large, celui du sud 93 mètres.

On a laissé à la première moitié de ce bassin toute sa largeur, afin que les plus grands navires puissent y manœuvrer à l'aise.

La superficie d'eau est de 36 hectares.

A son extrémité orientale ce dock est en communication, par un passage à caisson roulant, avec le dock n° 2 qui a été creusé vers l'est dans les terres.

Il a plus d'un kilomètre de long et sa largeur varie de 125 à 186 mètres ; la surface d'eau est de 16 hectares.

Plus loin encore à l'est, en communication avec le dock n° 2 s'ouvrent deux bassins pour les bois, d'une superficie de 20 hectares.

Trois cales sèches, dont deux peuvent recevoir chacune quatre grands navires à la fois, complètent ces installations.

En résumé, les docks en eau profonde offrent aux navires 6 kilomètres de quais ; le bassin n° 3 et les bassins à bois 3 kilomètres de quais.

Le chenal a été comblé entre l'île et la côte à l'ouest du dock n° 1. En fait, l'île de Barry n'est donc plus une île mais une presqu'île. Ce travail a été fait en vue du passage des nombreuses voies qui contournent le port.

On a laissé intact un tronçon de l'ancien chenal à l'ouest de l'île ; il sert, comme autrefois, de refuge aux bateaux de pêche.

L'ensemble du port est complètement entouré d'une ceinture de voies ferrées nombreuses, d'où se détachent des embranchements spéciaux pour le service de chaque appareil mécanique d'embarquement ou de débarquement, ou simplement pour l'abordage des quais.

Ces voies de ceinture et d'abordage ont un développement de 160 kilomètres.

Les quais du nord et du môle sont réservés et outillés pour l'embarquement des charbons.

38 grues hydrauliques, manœuvrant chacune 20 tonnes avec des levées de 12 à 14 mètres, sont disposées le long des quais à des distances variables, les unes fixes, les autres mobiles, de façon à ce que les écoutilles des navires puissent facilement s'y adapter.

Une de ces grues peut charger 500 tonnes en une heure ; 38 grues, marchant ensemble, embarqueraient près de 20 000 tonnes par heure.

A chaque grue sont affectées deux bascules, l'une sur la voie d'arrivée des wagons, l'autre sur la voie de retour, ce qui permet de vérifier les tares sans frais.

Les wagons pleins sont amenés aux grues au moyen de bornes hydrauliques ; vides, ils s'en retournent par la gravité.

Neuf machines à vapeur, de 250 chevaux chacune, divisées en trois stations, produisent la force hydraulique nécessaire au service du port ; quatorze accumulateurs en règlent la distribution.

Partout, aux entrées du port, des docks, le long des quais et des voies de manœuvres, se trouvent des bornes hydrauliques permettant de mettre en mouvement les wagons et les navires.

Les quais sud sont pourvus de 52 grues hydrauliques

ou à vapeur, fixes ou mobiles, dont plusieurs ont une force de 50 tonnes.

Le port est très bien outillé en remorqueurs, bateaux de secours en cas d'incendie, bateaux de service ; il est pourvu de grands ateliers de construction qui permettent de réparer rapidement les navires ; il est puissamment éclairé à l'électricité.

Les installations des quais réservés aux importations ne manquent pas d'importance ; elles comprennent notamment un entrepôt à 3 étages de 150 mètres de long sur 50 mètres de large, muni de grues hydrauliques et de transporteurs mécaniques transversaux ; des magasins spéciaux pour denrées sèches et humides, pour les céréales (avec un élévateur du dernier modèle), une fabrique de glace, des dépôts pour viandes congelées pouvant recevoir 60 000 bêtes.

Le chemin de fer de Barry, qui a un développement total de 310 kilomètres, relie le port aux lignes qui desservent les vallées de la Rhondda, d'Aberdare, de Rhymney, de Merthyr ; le rachat du chemin de fer du Glamorgan par la Compagnie de Barry amène au port les produits des bassins houillers de Llynvi et d'Ogmore.

Des services de voyageurs bien organisés fonctionnent entre Barry et la Rhondda, le Midland, le réseau du Great Western et Cardiff ; il y a entre les deux ports 26 trains de voyageurs par jour, dans les deux sens.

Le versant sud-ouest de l'île, pourvu de superbes plages de sable, a été très intelligemment aménagé par Lord Windsor et devient une station balnéaire en faveur.

Au 31 décembre 1901, toutes ces installations étaient terminées, et le capital qui y avait été affecté s'élevait à £ 5 403 668, soit, au cours de 25,15, à fr. 135 902 250,20.

Les résultats financiers de la Compagnie ont été assez brillants pour permettre, depuis 1889, le paiement de dividendes variant de 8 à 10 %, et cela en accordant à l'in-

dustrie les meilleures facilités de transport et d'embarquement à des prix très modérés.

Un charbonnage du centre du bassin, de Llwynypia, par exemple, paie 10 d. 3/4 de transport par tonne jusques aux quais de Barry, soit à peu près 1 franc pour une distance d'environ 50 kilomètres ; c'est 2 centimes par tonne kilométrique.

Il serait trop long et trop compliqué d'exposer les tarifs appliqués pour le pesage, l'embarquement, l'accostage, etc., mais je puis dire qu'ils sont modérés et, en certains cas, inférieurs à ceux de Cardiff.

Il semble permis de conclure qu'il y a plus d'une leçon à tirer de l'exemple donné par les hommes dont l'œuvre vient d'être décrite.

H. Laporte.

IV

LE PORT DE BEIRA

—

Situation et considérations historiques

Le port de Beira est situé à la côte orientale d'Afrique, par le 20e degré de latitude au sud de l'équateur. Mais c'est en vain qu'on le chercherait dans un atlas ayant plus de quinze ans d'âge : il n'a été appelé à la vie du commerce et de la navigation qu'en 1891 et il n'était alors connu que depuis deux ans. En revanche, on trouverait dans le vieil atlas, à peu près à la même place, l'indication d'un autre port de mer, Sofala, que toutes les cartes géographiques mentionnent depuis le XVIe siècle. Sofala existe toujours, à demi ensablé. C'est un port côtier, tandis que Beira, situé à quelques kilomètres de distance, est un port fluvial formé par l'estuaire du Pungué, et de proportions autrement vastes.

L'activité commerciale est ancienne sur ces rivages de l'océan Indien. Quand l'un des lieutenants de Vasco de Gama débarqua à Sofala en 1489, il y trouva une colonie de marchands arabes qui achetaient de l'or et de l'ivoire aux indigènes de l'intérieur. Beaucoup de ces indigènes venaient du fameux royaume de Monomotapa qui a figuré pendant longtemps aussi sur les cartes de l'Afrique. D'autres colonies de marchands arabes étaient établies et trafiquaient sur les bords du Zambèse, qui n'est qu'à 200 kilomètres au nord-est. Cependant, ni les négociants arabes, ni les Portugais qui prirent leur place et dont le commerce se maintint pendant des siècles, ne connurent l'existence du port superbe qu'avait creusé le Pungué à son embouchure, et c'est en 1889 seulement qu'il fut découvert.

Ce port, tout neuf, allait acquérir tout de suite, par sa

situation géographique, une sérieuse importance et même jouer un rôle dans la politique internationale.

C'était l'époque où des explorateurs anglais partis du Cap étaient parvenus, après avoir côtoyé la République de l'Orange et le Transvaal, jusque dans les territoires des Matabélés et des Mashonas et s'y étaient installés, après avoir conclu des traités avec les souverains indigènes. Cette installation ne tardait pas à être reconnue par la Grande-Bretagne qui, le 29 octobre 1889, accordait une charte d'incorporation à la célèbre Compagnie formée par Cecil Rhodes sous le titre de *British South Africa Limited*, et l'investissait solennellement ainsi de l'administration d'un vaste territoire africain. Or, le pays des Mashonas compris dans ce territoire, est à 300 kilomètres à peine de l'océan Indien, tandis qu'à vol d'oiseau 2300 kilomètres le séparent de la ville du Cap. Le beau port qu'on venait de trouver à l'embouchure du Pungué était donc le port naturel de la Rhodésie, sa porte d'entrée et de sortie sur le vaste océan, l'étape marquée sur la route la plus courte et la plus commode vers les pays civilisés.

Mais le Portugal revendiquait tout le pays que traverse cette route et même une partie du Mashonaland lui-même. On pouvait contester, peut-être, la continuité de son occupation, mais l'ancienneté en était hors de doute. Le conflit qui surgit entre le Portugal et la Grande-Bretagne à ce propos, en même temps qu'au sujet des territoires riverains du lac Nyassa au nord du Zambèse, trouva sa solution dans le traité du 11 juin 1891 qui délimita les champs d'action des deux puissances. Le port du Pungué et une bande de 250 kilomètres de large à l'ouest furent laissés au Portugal, mais l'une des clauses du traité l'obligeait à outiller le port nouveau et à le réunir par un chemin de fer à la frontière de la Rhodésie.

Pour administrer le territoire compris entre le Zambèse et le 22e parallèle sud, l'océan Indien et la frontière des

Mashonas, et pour remplir les obligations que lui imposait le traité de 1891, le Portugal eut recours au moyen que l'Angleterre avait employé pour coloniser la Rhodésie ; il provoqua la formation d'une compagnie à charte qui porte le nom de Compagnie de Mozambique. C'est donc celle-ci qui est actuellement souveraine du port de Beira.

Description du port

Comme le dit très justement Douglas Owen dans son beau petit livre *Ports and Docks*, c'est le port qui crée la navigation et non la navigation qui crée le port. Cette remarque s'est vérifiée pour le port de Beira qui, après quinze années d'existence à peine, est fréquenté par tous les grands steamers qui naviguent le long de la côte orientale africaine.

Qu'on imagine un fleuve possédant à son embouchure une largeur de plus de 4 kilomètres, et, sur un quart environ de cette largeur, un mouillage qui garde aux plus basses marées une profondeur de 26 pieds d'eau, assez près de la mer pour que, du large, on puisse y parvenir en moins d'une heure, assez loin pour que les vaisseaux à l'ancre s'y trouvent à l'abri le plus sûr. C'est là le port de Beira. Il est bordé de rives basses constituées par des argiles grasses ou des sables, les deux alternant fréquemment en profondeur. Le Pungué coule, en cet endroit, du nord au sud ; la rive occidentale, couverte de hautes herbes, est inhabitée ; sur la rive orientale, qui est la rive gauche, on remarque un groupe allongé d'habitations à l'aspect encore sommaire et quelques bouquets d'arbres bas. C'est la ville de Beira. N'était le port, personne n'aurait pensé à bâtir une ville en ce lieu, tant il est dépourvu de charme. Mais la nature n'avait laissé que la ville à faire ; elle a créé le port et elle l'entretient toute seule.

Les phénomènes qui agissent dans cette partie du fleuve et dont le concours assure le maintien des profondeurs, ne sont pas complètement connus, bien qu'on les ait étudiés déjà. Toutefois, l'amplitude des marées, qui va de 12 pieds aux quadratures jusqu'à 20 pieds aux syzygies, l'élargissement du lit du fleuve à 5 kilomètres en amont de son embouchure et l'existence d'un petit affluent du Pungué, le Chiveve, qui débouche entre ces grandes largeurs et l'Océan, y paraissent jouer un rôle important. Le Chiveve ne contient par lui-même qu'un filet d'eau, mais, à chaque marée, le flot vient remplir son lit et le transforme en une puissante rivière dont les eaux s'écoulent avec rapidité au moment du jusant. Ces eaux, s'ajoutant aux eaux supérieures emmagasinées dans le Pungué élargi, produisent une action de chasse qui empêche probablement le dépôt des sables et des boues.

La ville de Beira est bâtie entre le Pungué, le Chiveve et l'Océan. L'embouchure du Chiveve dans le Pungué forme une sorte d'avant-port où s'effectuent le débarquement et l'embarquement des marchandises. Le Chiveve contourne la ville et fournit l'indication d'une suite de docks à aménager, de sorte que la cité est, peut-on dire, toute en rivages.

Communications avec l'intérieur et l'extérieur

Quelque avantageuses que soient les conditions d'un port maritime, il faut encore, pour que la navigation l'utilise, qu'il soit placé à l'entrée ou à proximité de milieux habités dont la population ait besoin d'exporter des produits et d'en faire venir du dehors. Il faut donc que le port ait des communications commodes avec ces milieux et il peut les avoir de deux manières : par l'intérieur et par l'extérieur. Les grands ports possèdent fréquemment ce double système de communications. Ils sont reliés à leur *hinter-*

land par des voies terrestres naturelles, telles que des fleuves et des rivières, ou artificielles, comme des canaux, des routes et des chemins de fer. Et ils ont des liaisons par voie de mer avec d'autres ports côtiers de dimensions trop faibles pour admettre les grands steamers océaniques et pour lesquels ils servent de dépôts et de centres de distribution.

Le port de Beira se trouve précisément dans ces conditions. Il forme l'aboutissement et le point de départ de plusieurs routes continentales, et il est le centre de la navigation côtière entre le Zambèse au nord et la ville d'Inhambane au sud.

Le Pungué lui-même constitue une voie de pénétration vers l'intérieur. Il reste navigable pour des embarcations fluviales sur une distance de 55 kilomètres. Et il possède, dans un fleuve tout voisin, le Buzi, une sorte de frère jumeau. Le Buzi, en effet, vient se jeter dans l'océan Indien au point précis où le Pungué lui-même y amène ses eaux, un peu en aval de Beira. Et comme l'estuaire du Buzi n'a pas une profondeur suffisante pour admettre des navires de mer, bien que la marée y pénètre comme dans le Pungué et le rende navigable sur une vingtaine de kilomètres pour de petits steamers à quille, c'est, en fin de compte, Beira qui commande la navigation fluviale du Buzi comme celle du Pungué.

Ces deux voies fluviales n'assureraient pas pourtant à elles seules un rayonnement bien considérable au commerce terrestre du port de Beira, la partie navigable de leurs cours n'ayant qu'une faible étendue. Après une plaine basse d'une largeur de 100 kilomètres au maximum à partir du littoral, le sol se relève rapidement vers l'ouest et, à 250 kilomètres à l'intérieur, il atteint, dans un pays très accidenté, des altitudes variant de 1200 à 2000 mètres. Inutile de dire que dans cette région le Pungué et le Buzi ne sont plus utilisables pour les transports.

Aussi peut-on affirmer que c'est le chemin de fer

imposé par l'article XIV du traité anglo-lusitanien du 11 juin 1891 qui a été l'instrument principal du développement commercial de Beira dans la direction de l'ouest. Le Portugal qui avait assumé l'obligation de le construire, transmit cette obligation à la Compagnie de Mozambique en lui confiant l'administration de son territoire, et celle-ci à son tour, concéda la construction et l'exploitation du chemin de fer à un particulier, à charge de former une compagnie pour réaliser cette entreprise. Aucun concours financier, aucune garantie d'intérêt ne fut accordée au concessionnaire. Il obtint pour tout avantage, avec des lots de terrains contigus à la ligne, terrains auxquels la construction du chemin de fer lui-même pouvait donner de la valeur, mais qui, à l'époque de la concession, n'en possédaient pratiquement aucune, il obtint, dis-je, le produit du droit de transit de 3 °/₀ *ad valorem* sur toutes les marchandises à destination de l'*hinterland*, que le traité du 11 juin 1891 avait autorisé le Portugal à percevoir.

Le trafic vers la Rhodésie, comme le mouvement commercial propre du territoire portugais que devait traverser la voie ferrée, était insignifiant à cette époque. Il était donc impossible de compter sur des transports suffisants pendant les premières années, et naturellement, le rendement du droit de transit devait être également très faible. Telle était pourtant la confiance de l'Angleterre dans le développement économique de la Rhodésie et dans l'excellence du port de Beira, que la Compagnie finit par y trouver les capitaux qui lui étaient nécessaires, et elle se mit immédiatement à l'œuvre.

Elle imagina, d'abord, de construire une voie ferrée à écartement de 60 centimètres, en la faisant partir de Fontesvilla, sur le Pungué, qui est le point où la navigation du fleuve commence à devenir moins facile. Les auteurs de ce plan ne pensaient évidemment pas que les bâtiments de mer pussent jamais remonter jusqu'à Fontes-

villa, mais ils avaient hâte d'établir des communications rapides avec la frontière et ils se figuraient sans doute que, pendant longtemps, on pourrait se borner à transborder les marchandises, à Beira, des grands steamers sur des allèges qu'on remorquerait par le Pungué jusqu'au terminus du railway. La ligne fut donc établie primitivement dans ces conditions.

Mais le trafic se développa assez rapidement pour rendre cette solution insuffisante. Elle était d'ailleurs défectueuse aussi au point de vue du coût des transports. Une nouvelle compagnie, qui s'appela *Beira junction railway C°*, fut constituée pour relier par rail Beira et son port avec le terminus de Fontesvilla. L'établissement de la voie nouvelle était réalisé dès le mois d'octobre 1896.

Il est évident que cette ligne de pénétration, destinée à desservir toute la Rhodésie, ne pouvait s'arrêter à la frontière. Elle fut poussée jusqu'à la ville de Salisbury, à 390 kilomètres à l'intérieur, par une autre Compagnie fondée en 1897. Dans la pensée des fondateurs de la Rhodésie, Salisbury était appelée à remplir un rôle prépondérant dans les destinées de la nouvelle colonie britannique : la fameuse ligne du Cap au Caire imaginée par Cecil Rhodes devait y passer. Plus tard, des motifs techniques firent abandonner ce projet et, je crois bien, aussi des raisons administratives et politiques. Comme on le sait, ce grand chemin de fer qu'on est occupé à construire, prend beaucoup plus à l'ouest. De Buluwayo, au lieu de se diriger vers Salisbury, il oblique, en traversant la région houillère de Wankie, vers les chutes Victoria et franchit le Zambèse aux chutes mêmes pour revenir vers l'est ; puis, il se rapproche graduellement de la frontière de l'État indépendant du Congo et frôle presque la pointe sud-orientale du Katanga.

La modification introduite dans le projet primitif ne faisait pas l'affaire des gens de Salisbury qui obtinrent, à force de réclamations, d'être reliés à Buluwayo. Cette

nouvelle ligne fut ouverte au trafic le 1er janvier 1902. Elle met Salisbury et par conséquent aussi le port de Beira en communication avec toute la Rhodésie, du nord au sud, de l'est à l'ouest, et avec tout le réseau sud-africain, en sorte que, de Beira, on peut aujourd'hui se rendre au Cap par chemin de fer. L'écartement normal des voies ferrées de l'Afrique australe étant de 3 1/2 pieds anglais (1m066), il avait fallu, dès 1899, reconstruire entièrement la ligne de Beira à la frontière sur ce type, en prévision de ce reliement.

Ainsi, un ensemble de travaux qu'on a mis moins de onze ans à réaliser, a fait, d'un port inconnu en 1889, une place d'une importance capitale et ajouté à son aire naturelle de trafic tous les territoires compris entre le 22e parallèle sud, le Limpopo et le Zambèse moyen.

Mais le domaine commercial de Beira est plus considérable que cela. Comme nous allons le voir, il embrasse des portions bien plus vastes du continent africain.

Le Zambèse, nous l'avons dit, n'est qu'à 200 kilomètres environ au nord-est de Beira. Ce grand fleuve, l'un des plus puissants de l'Afrique, n'a pas formé de bon port à son embouchure. La bouche d'Inhamissengo par laquelle Livingstone avait encore pu faire passer son steamer, le *Ma-Robert*, en 1859, est impraticable aujourd'hui. Le port de Quélimane, 120 kilomètres plus loin, et très anciennement fréquenté, n'a pas de communication fluviale régulière avec le fleuve. Il est d'ailleurs plus difficilement accessible et d'une profondeur beaucoup moindre que le port de Beira. En 1889, un explorateur anglais, D. J. Rankin, a trouvé un chenal d'une certaine profondeur entre le lit principal du fleuve et l'océan. Le port de Chindé, depuis lors utilisé pour tout le trafic du Zambèse et de la région des Grands Lacs, est situé sur ce chenal. Mais il ne peut recevoir que des bateaux de 600 à 800 tonnes au maximum, et sa barre est très difficile à franchir. Il résulte de tout ceci que la tête de tout

le commerce du Zambèse et des pays desservis par la voie du Zambèse se trouve à Beira. Les grands steamers y amènent des cargaisons qui y sont transbordées sur les vapeurs à destination de Chindé. Les marchandises, déchargées à Chindé sur les sternwheelers à fond plat ou sur des allèges, remontent le fleuve jusqu'à Tête, à 400 kilomètres, ou, et plus souvent, prennent la route du Shiré, affluent du Zambèse, pour être distribuées dans les territoires de la *British Central Africa*, ou bien encore, cheminant sur le lac Nyassa du sud au nord, vont aboutir dans les territoires de l'Est-Africain allemand et dans ceux de l'État Indépendant du Congo, baignés par le lac Tanganika. C'est donc jusque là, vers le nord, que rayonne le trafic de Beira, grâce à ses communications maritimes immédiates et aux communications fluviales qui en sont le prolongement. Du Tanganika au Limpopo, il y a 1500 kilomètres environ : c'est la base d'un triangle dont Beira forme le sommet. De par sa situation géographique, par droit de naissance, peut-on dire, le commerce de tout le morceau de continent africain compris dans ce triangle lui appartient, lui vient déjà ou lui reviendra certainement.

Installations et outillage

Les navires qui arrivent du large ont le choix entre deux *chenaux d'accès* pour pénétrer dans le port de Beira. Le plus long est celui qui fut découvert le premier et le seul utilisé par la navigation jusqu'en 1900. Il est parfaitement repéré et marqué de sept bouées depuis son origine en pleine mer jusqu'au mouillage dans le Pungué. Les règles à suivre pour diriger les bâtiments dans ce chenal ont été publiées dans le Bulletin de la Compagnie de Mozambique et dans le Diario do Governo portugais. Il n'y a aucune difficulté à les observer, en tenant compte,

bien entendu, de la correction à faire en temps de houle. La Compagnie de Mozambique a, d'ailleurs, organisé un service de pilotage qui fonctionne régulièrement, et installé un phare à feu tournant, visible à quinze milles au large, pour bien marquer l'entrée du port.

La découverte du second chenal d'accès est due à l'équipage d'un croiseur anglais, le *Rambler*, qui fut envoyé à Beira en 1900 pour surveiller le débarquement des troupes coloniales appelées à faire campagne en Rhodésie lors de la guerre du Transvaal. Les officiers du croiseur, peu absorbés par leur mission militaire, imaginèrent de faire l'hydrographie du fleuve et trouvèrent ainsi un autre chenal d'accès que celui qui était ordinairement pratiqué. Ce second chenal, qui offre l'avantage d'abréger le trajet, a été, depuis, convenablement balisé, et la navigation l'emploie régulièrement. Il porte le nom de chenal du *Rambler*.

Comme la plupart des grands ports de la côte orientale africaine, le port de Beira possède des installations sommaires et un outillage peu compliqué. Il n'y existe ni quais d'accostage, ni pier accessible aux grands steamers, ni bassins, ni docks. Le déchargement ou le chargement des marchandises s'opère au mouillage ; tous les bâtiments qui fréquentent la côte orientale sont, d'ailleurs, munis des appareils de levage nécessaires pour la manutention. Dès que le vaisseau a jeté l'ancre, des allèges conduites par des remorqueurs viennent se ranger le long de ses flancs et les opérations commencent. Les allèges chargées, si la marée est haute, les remorqueurs les amènent au pied de la douane de Beira. Là, des grues à vapeur sont installées et les marchandises, prises des chalands, sont mises à quai. L'opération doit nécessairement se faire à marée haute ; le pied du quai émerge à marée basse. Mais les passagers peuvent accoster à Beira en tout temps, grâce à une rampe d'accès construite il y a peu de temps en matériaux durables. Pendant de longues

années, le quai de la douane fut un ouvrage de charpente en bois, que les ravages des tarets obligeaient à reconstruire périodiquement. Il y a quatre ans, on l'a remplacé par un solide mur en béton, non sans difficulté, à raison du fond vaseux rencontré en cet endroit où le Chiveve débouche dans le Pungué.

Le service des allèges et du remorquage est entrepris par des particuliers. Le quai de la douane et les installations de chargement et de déchargement ont été réalisés par les soins et aux frais de la Compagnie de Mozambique. Cependant, la Compagnie du chemin de fer de Beira vers la Rhodésie, qui possède un vaste morceau de la rive gauche du Pungué en amont de Beira, y a fait établir un pier en charpente métallique, muni de grues également. Cet ouvrage est utilisé pour les exportations de produits de la Rhodésie, qu'on évite ainsi de faire passer par les installations ordinaires de la douane.

Les opérations de déchargement et de mise à quai des marchandises ne laissent pas d'être assez coûteuses dans les conditions où se trouve aujourd'hui le port de Beira. Elles reviennent à onze shellings la tonne, tandis qu'à Durban — pour prendre un point de comparaison dans les mêmes parages — où les mêmes opérations présentaient jadis de grandes difficultés, on est parvenu, grâce à des installations convenables, à en réduire le coût à trois shellings environ. Aussi n'est-il point surprenant que, depuis un certain temps déjà, on ait pensé à doter le port de Beira d'aménagements propres à accélérer les manutentions et à en diminuer la dépense. Un plan étudié par un ingénieur portugais comporte la transformation du cours inférieur du Chiveve en deux bassins fermés par des écluses de manière à en faire des docks conservant en tout temps la même hauteur d'eau. Les murs de quai de ces deux bassins seraient munis de grues, de voies ferrées et de hangars. Mais ces travaux ne peuvent s'effectuer sans grandes dépenses. Il se trouve, en effet, à une cer-

taine profondeur dans le sol de Beira, des dépôts lenticulaires d'une argile très grasse nommée *matope* dans le pays, qui donne de grandes difficultés et souvent des mécomptes dans la construction des ouvrages maritimes. Il y a quelques années, une compagnie française, considérant l'énorme augmentation de valeur qu'avaient subie les terrains de la ville, imagina d'en assécher quelques hectares bien situés qui étaient inondés à chaque marée par le flot remontant le Chiveve. Un mur de quai en blocs de béton fut bâti et remblayé par derrière avec des produits de dragage. A peine était-il achevé, et au moment même où la vente des terrains ainsi conquis allait pouvoir rémunérer l'entreprise, que des signes d'ébranlement se manifestaient en un point de la muraille. C'étaient les assises inférieures qui avaient glissé sur un banc d'argile grasse.

Toujours est-il que la Compagnie à charte de Mozambique, qui administre ce territoire et dont les ressources exigent une gestion économe, a reculé jusqu'à présent devant ces travaux considérables et quelque peu dangereux. Il est vrai de dire qu'elle a consacré déjà une partie de son capital à protéger la ville de Beira contre l'invasion périodique des eaux aux marées d'équinoxe. Comme une cité flamande ou hollandaise, Beira est bâtie sur une plage basse qui se trouve à peine au-dessus du niveau des marées les plus hautes. Il en résulte que si la forte marée coïncide avec un vent du sud-est, et, à plus forte raison, si de grosses pluies ont à ce moment gonflé le Pungué, l'onde de marée, renforcée, submerge entièrement la ville. Les grands dégâts ainsi causés aux marchandises emmagasinées dans Beira, tout de suite après sa fondation, imposèrent, comme premier travail à effectuer, la construction d'une muraille de défense. Cet ouvrage qui a été réalisé, fait apparaître la cité, vue du fleuve, comme une forteresse, si la marée est basse, parce qu'alors le pied de la muraille émerge avec la plage sur laquelle elle est fondée.

Depuis quelque temps, il est question d'un autre projet

que celui de l'utilisation du Chiveve. On a constaté, en amont de la ville bâtie et à proximité de la gare du chemin de fer vers la Rhodésie, que le fleuve garde de grandes profondeurs jusque tout près du bord, et cela sur deux ou trois kilomètres de longueur. L'idée d'y construire un ouvrage accostable et muni des appareils de chargement et de déchargement nécessaires, a pris naissance et a des chances de se réaliser. L'exécution de ce travail diminuerait notablement, paraît-il, les dépenses de manutention des marchandises et en faciliterait l'expédition par voie de terre. Ceci présente de l'importance pour le port de Beira, non point seulement en thèse générale, mais encore, comme nous le verrons, à raison de circonstances spéciales qui exposent ce port à la concurrence très sérieuse d'autres ports de l'Afrique australe.

Direction et importance des courants commerciaux à Beira

Cette réflexion nous amène tout naturellement à évaluer en chiffres le volume des courants commerciaux qui passent par le port de Beira. Voyons, d'abord, le mouvement maritime total. Nous trouvons dans les statistiques de la douane de la Compagnie de Mozambique, qui sont soigneusement faites, les indications suivantes pour l'année 1904 :

à l'entrée. . . .	545 447 tonnes
à la sortie . . .	543 563 —

Et nous ferons immédiatement apprécier l'importance et la rapidité du développement commercial de Beira en constatant qu'en 1895, les chiffres correspondants étaient :

à l'entrée. . . .	161 969 tonnes
à la sortie . . .	160 032 —

et mieux encore en nous souvenant qu'en 1890 le mouvement était nul.

Mais voici un autre point de comparaison qui frappera davantage, puisqu'il est pris en Europe et qu'il s'agit d'un port très ancien et très connu. Le mouvement maritime d'Anvers était en 1860, il y a moins de cinquante ans :

à l'entrée. . . .	512 017 tonnes
à la sortie . . .	531 217 —

Ainsi, le tonnage total à Beira dépasse déjà aujourd'hui le tonnage enregistré à Anvers en 1860.

Il ne faut évidemment pas en tirer des conclusions exagérées. Depuis 1860, une véritable révolution s'est opérée dans la navigation : les navires à vapeur se sont de plus en plus substitués aux navires à voile et leur capacité a été sans cesse en augmentant. Les statistiques mêmes que nous employons en apportent un témoignage frappant : les chiffres du tonnage d'Anvers qui viennent d'être mentionnés, correspondaient :

à l'entrée, à	2311 navires
à la sortie, à	2410 —

tandis que ceux du tonnage de Beira en 1904 répondent :

à l'entrée, à	366 navires
à la sortie, à	367 —

Il est vraisemblable aussi que le tonnage indiqué par la statistique pour Anvers se rapprochait davantage du mouvement commercial de la place, c'est-à-dire qu'une quantité de marchandises proportionnellement beaucoup plus grande y avait été mise à quai ou chargée à bord des bâtiments de mer, qu'à Beira en 1904.

Mais, ces réserves faites, le rapprochement des deux chiffres ne laisse pas d'être intéressant et suggestif.

La navigation à vapeur prend à Beira une prépondé-

rance écrasante sur la navigation à voiles. Des 366 navires entrés, 347 sont des vapeurs et 19 des voiliers, et des 367 navires sortis, 346 sont des vapeurs et 21 des voiliers.

Si l'on classe les navires et le tonnage correspondant suivant les provenances ou les destinations, on aboutit à une autre constatation instructive. Faisons, par exemple, ce classement à l'entrée : nous trouvons 85 vaisseaux venant des ports d'Europe, et 230 venant des ports d'Afrique. Or, les 85 bâtiments venus des ports d'Europe ont un tonnage total de 217 698 tonnes, ce qui correspond à une moyenne de 2561 tonnes par navire, et les 230 bâtiments venus des ports d'Afrique, un tonnage total de 266 054 tonnes, ce qui fournit une moyenne de 1157 tonnes seulement par navire.

La fonction économique du port de Beira est mise en évidence par l'opposition des deux chiffres. Ils font apparaître clairement ce fait que le port de Beira communique directement pour ses approvisionnements ou ses expéditions avec les grandes places maritimes du monde, celles que la profondeur des eaux permet aux plus grands navires de fréquenter, et cet autre fait que le même port joue à la côte orientale d'Afrique le rôle d'un centre de distribution, en même temps que d'un centre d'attraction pour les ports côtiers et fluviaux voisins, accessibles seulement aux navires d'un plus faible tirant d'eau.

Le mouvement commercial total du territoire de la Compagnie de Mozambique s'est élevé, en chiffres ronds, à 38 millions de francs pendant l'année 1904. Bien qu'il y ait d'autres postes de douane que celui de Beira, et notamment sur le Zambèse, il est certain que presque toutes les marchandises comprises dans ce chiffre global ont passé par Beira, de sorte que pour éviter les doubles emplois, il vaut mieux prendre pour total du mouvement commercial du territoire le chiffre de Beira même, qui est de 35 millions de francs environ.

Ce mouvement comporte des importations, des expor-

tations, des réexportations, des transbordements, du transit et du cabotage, et il faut, pour analyser les chiffres avec exactitude, savoir en quoi consiste chacune de ces opérations.

La statistique comprend sous le nom d'*importations* toutes les marchandises entrées dans le port et déclarées en consommation. Mais ceci ne veut pas dire qu'elles soient réellement consommées dans le territoire. Une partie notable de ces marchandises, parmi celles qui ne payent point de droits, sont destinées à être expédiées en dehors du territoire de la Compagnie de Mozambique, vers la Rhodésie surtout.

Ces sorties de marchandises nationalisées qui sont, en réalité, des expéditions vers l'intérieur du continent, figurent donc à leur tour dans la statistique des *exportations*, en même temps que les exportations des produits du territoire qui se font par voie de mer.

Sous le nom de *réexportations*, le tableau du commerce de la Compagnie comprend exclusivement des envois de produits de la Rhodésie qui ne font que transiter par le territoire pour être expédiés par voie de mer à Beira; et sous le nom de *transit* les marchandises qui, circulant en sens inverse, ont été débarquées à Beira et sans arrêt, ni entreposage, sont expédiées directement vers la Rhodésie.

Le *cabotage* embrasse les opérations qui se font par voie de mer avec les autres ports du territoire de la Compagnie et particulièrement avec les ports de Sofala, Chiloane et celui de Bartholomeu Dias qui, bien situé et possédant une certaine profondeur, paraît appelé aussi à quelque avenir au point de vue du commerce local.

Enfin, sous la désignation de *transbordements*, la statistique comprend les grandes opérations de distribution et de concentration par voie de mer pratiquées avec des ports étrangers, et tout particulièrement les déchargements et rechargements en rade des marchandises desti-

nées à la région du Zambèse, et de celles qui, en provenant, sont transbordées sur des steamers en partance pour l'Europe.

Ceci posé, et à la lumière des chiffres, on voit se dessiner à Beira, en dehors du trafic du territoire, deux grands courants commerciaux, l'un vers le Zambèse, l'autre vers la Rhodésie.

Le premier, compris dans la rubrique *transbordements*, s'accuse par un chiffre d'affaires d'environ 13 millions de francs et correspond à un mouvement de 23 000 tonnes de marchandises. Ce mouvement, en 1904, s'est partagé presque également entre les expéditions de Beira vers le Zambèse et celles du Zambèse vers Beira : en chiffres ronds, il y a eu pour 5 800 000 de francs de marchandises transbordées à Beira sur navires à destination de Chindé et pour 7 000 000 de marchandises venant du Zambèse et transbordées à Beira sur de grands steamers nolisés pour l'Europe.

Le courant vers la Rhodésie comporte plus d'importations et moins d'exportations. La valeur des marchandises expédiées en *transit* s'élève à près de 9 millions de francs, auxquels il faut ajouter environ 2 millions de francs de marchandises déclarées en consommation et réexportées vers l'intérieur du continent par le railway. Les réexportations, c'est-à-dire les expéditions de produits et de marchandises de la Rhodésie vers Beira, en vue de la mise à bord sur navires frétés pour l'Europe, forment un total d'un peu plus de 3 millions de francs. L'ensemble du trafic de Beira avec la Rhodésie se monte par conséquent à 14 millions de francs environ, et il comporte 25 000 tonnes dans le sens de la pénétration et un peu plus de 2000 tonnes à la sortie.

Enfin, on peut fixer à 4 1/2 millions de francs les importations propres et à 2 1/4 millions de francs les exportations propres du territoire de la Compagnie de Mozambique. Tels sont, en y ajoutant le cabotage, les

éléments du chiffre de 35 millions qui représente le mouvement global du port de Beira en 1904.

Les indications que nous venons de donner ne sont pas les plus élevées qui eussent pu être fournies. Le mouvement commercial de Beira apparaît plus considérable dans les statistiques en 1901, en 1902 et en 1903. Une des causes de la décroissance en 1904 réside dans la diminution des envois de matériel à destination des Victoria falls, où l'on a construit un grand pont de chemin de fer, et de l'entreprise de construction de la ligne du Cap au Caire. Mais ce sont là de ces à-coups qui se produisent dans les pays neufs, et à côté du déficit que nous mentionnons, nous pouvons signaler l'augmentation régulièrement croissante du trafic par mer avec la région du Zambèse et un accroissement, sensible aussi et très encourageant, des produits propres des territoires que dessert le port de Beira.

A leurs débuts, les colonies ont besoin de s'outiller en hommes et en choses, et, nécessairement, les besoins y dépassent de beaucoup les produits. Elles importent donc infiniment plus qu'elles ne peuvent exporter. L'accroissement des exportations est l'heureux symptôme d'une tendance de la colonie à l'équilibre et de sa capacité progressive à se suffire à elle-même.

La guerre des tarifs de chemins de fer dans l'Afrique du Sud

Un facteur qui a exercé, et d'une manière permanente cette fois, une influence déprimante sur le trafic de Beira vers l'hinterland de la Rhodésie, c'est l'élévation des tarifs de transport sur son chemin de fer de pénétration.

Le monopole de fait dont jouit la ligne de Beira-Salisbury est évidemment l'une des causes de cette cherté des frets. Mais il est juste de reconnaître que la Compagnie

du chemin de fer a de lourdes charges à supporter. Comme nous l'avons vu, la voie ferrée a été établie par tronçons successifs et, pour se procurer les ressources nécessaires, il a fallu procéder par émission d'obligations qui parfois ne se sont pas négociées sans quelque sacrifice. Le capital à rémunérer pèse, par conséquent, d'un poids passablement lourd sur l'entreprise.

La construction elle-même a présenté de grandes difficultés ; on a rencontré en amont de Fontesvilla des plaines que le Pungué inonde périodiquement depuis des siècles et où le terrain, très marécageux, s'enfonce sous la moindre pression. Ailleurs, les premiers ouvrages d'art établis ont été enlevés par les eaux torrentielles qu'amassent en certains points les brusques et fortes pluies de décembre et de janvier, et il a fallu les remplacer par d'autres ouvrages plus solides et d'un débit plus considérable. Dans la partie accidentée du pays qui commence après le 100e kilomètre, et surtout dans celle qui approche de la région des gisements aurifères de Manicas, le tracé a dû être sensiblement allongé pour éviter des rampes trop fortes, et encore ne s'est-on pas montré bien difficile sous ce rapport.

Enfin, *last not least*, à peine la ligne avait-elle atteint la frontière, qu'il fallait recommencer tout le travail pour la mettre à la largeur de 3 1/2 pieds, et, de nouveau, une somme très importante, obtenue par l'émission d'obligations, devait être affectée à cet élargissement.

Il résulte de tout cela, que le coût kilométrique de la ligne est relativement élevé. Et comme les transports ne sont pas encore bien abondants, qu'il faut, néanmoins, entretenir les 350 kilomètres de la ligne comme s'ils l'étaient, et que les frais d'exploitation se ressentent du profil accidenté qu'il a fallu suivre, il n'est pas surprenant que la Compagnie ait la tendance à maintenir ses tarifs le plus haut possible.

La Compagnie de Mozambique n'est pas entièrement

désarmée contre cette tendance. Quand elle accorda la concession du chemin de fer en 1891, elle stipula que les tarifs ne pourraient pas être supérieurs à ceux des lignes du Cap. Mais cette stipulation ne concerne et ne pouvait concerner que la partie de la ligne située sur son territoire, et l'intérêt du port de Beira est de voir le prix des transports s'abaisser aussi sur le prolongement de cette ligne à travers la Rhodésie. D'autre part, exiger l'application rigoureuse des tarifs du Cap, c'eût été, peut-être, obliger la Compagnie du chemin de fer à liquider.

Depuis quelques mois pourtant, des concessions importantes ont été obtenues. Elles sont dues moins à l'existence de la clause relative aux tarifs insérée dans la convention de 1891, qu'à la concurrence qu'ont fait surgir les lignes du Cap en vue de l'absorption du trafic de la Rhodésie.

En effet, les gouvernements de la colonie du Cap et du Natal ont repris la politique de Cécil Rhodes qui, tout en cherchant un débouché pour la Rhodésie à l'est, voulait cependant y rendre prépondérante l'influence des colonies britanniques de l'Afrique du Sud. Dominé par cette pensée maîtresse, Rhodes avait fini par obtenir, malgré une vive résistance, le prolongement des voies ferrées du Cap le long des frontières de la République de l'Orange et du Transvaal, d'abord jusqu'à Kimberley, ensuite jusqu'à Vryburg, en territoire bien anglais, de manière à relier directement la Rhodésie à Cape-Town. Puis, obéissant toujours à la même pensée, il avait provoqué la formation d'une compagnie qui poussa, par étapes successives, le rail de Vryburg à Mafeking, de Mafeking à Bulawayo, pour finir par relier aussi Bulawayo à Salisbury.

Or, la guerre du Transvaal terminée, le gouvernement du Cap, qui possède son réseau ferré, reprit l'exploitation des lignes appartenant à la Compagnie des *Rhodesian railways* au nord de Vryburg, et, tout de suite, conti-

nuant la politique de Rhodes, il y appliqua des tarifs très réduits. Des arrangements furent pris avec le gouvernement du Natal dans le même sens. Il en résulte que le port de Beira se trouva tout à coup, dans son hinterland même, en présence d'une concurrence inattendue des grands ports de l'Afrique australe : Cape-Town, East-London et Port-Élisabeth.

Pendant plusieurs années, on a pu lire, dans les journaux et sur les couvertures des revues anglaises, des annonces relatives aux prix de transport d'Angleterre ou du continent d'Europe à Bulawayo par différentes voies, et de toutes, la plus coûteuse était celle de Beira. Or, la distance par rail de Beira à Bulawayo est de 676 milles anglais seulement, tandis que de Port-Élisabeth à Bulawayo elle est de 1198 milles anglais, de East-London 1258 milles et de Cape-Town 1360 milles.

Ainsi, bien que la distance de Cape-Town à Bulawayo soit le double de celle de Beira à la même ville, l'abaissement des tarifs sur les lignes exploitées par le gouvernement du Cap permettait d'y amener marchandises et voyageurs à des prix plus réduits que par Beira. A Salisbury même, qui n'est qu'à 384 milles de Beira, les ports et les chemins de fer du Sud-Afrique concurrençaient encore le port de la Compagnie de Mozambique.

On peut conjecturer qu'à ce jeu-là, le gouvernement du Cap ne faisait pas de très brillantes affaires, mais le chemin de fer de Beira-Salisbury et le port de Beira ne s'en portaient pas mieux. Aussi bien la Compagnie du chemin de fer a-t-elle dû se rendre aux représentations de la Compagnie de Mozambique, aux réclamations des habitants du Mashonaland et à l'évidence du dommage qu'allait lui causer la prolongation de cet état de choses. Elle a baissé ses tarifs, non pas encore autant qu'il eût été souhaitable pour Beira, mais de manière sensible pourtant. Il existe encore quelques catégories de marchandises qu'il est plus avantageux d'expédier par le sud que par

Beira, mais c'est à raison, surtout, de l'incidence du droit de transit 3 °/₀, perçu *ad valorem*.

Je disais au début de ce rapport, avec Douglas Owen, que c'est le port qui crée la navigation et non la navigation qui fait le port. Il faudrait ajouter que ce n'est pas seulement le port qui fomente le mouvement maritime, mais aussi les facilités et le bon marché des communications avec l'intérieur du pays. Un chemin de fer dont la construction a été coûteuse et qui doit nécessairement transporter à prix élevé pour rémunérer son capital, est un auxiliaire d'une efficacité réduite pour un port de mer. A ce point de vue, il est peut-être regrettable que la construction du chemin de fer de Beira vers la Rhodésie ait été réalisée avec quelque précipitation et que l'on n'ait point décidé tout de suite de lui donner la largeur normale des voies ferrées de l'Afrique australe. Mais ce sont là — je me hâte de le déclarer — des critiques qu'il est facile de formuler après que les événements ont parlé. Ceux qui eurent à exécuter cette entreprise, connaissaient le marché financier et savaient l'effort qu'on pouvait lui demander à ce moment. Il ne faut pas oublier que si la Rhodésie retire, à l'heure qu'il est, plus de 30 millions de francs annuellement de ses mines d'or, elle ne produisait rien en 1891 et qu'en l'absence d'un trafic certain, il est toujours très difficile de recueillir des capitaux pour l'établissement d'une voie ferrée.

Quant au courant commercial qui de Beira se dirige vers le Zambèse, et du Zambèse revient vers Beira, on peut dire qu'il est entièrement dû à la liberté de la navigation proclamée dans le traité de 1891 et à l'esprit d'entreprise. Le Zambèse, qui ne fut utilisé comme voie de communication régulière qu'après 1891 et qui ne possédait encore en 1895 qu'une flottille insignifiante, porte aujourd'hui 26 petits steamers et 123 autres embarcations qui naviguent sans relâche sur ses eaux. Le progrès, dans cette direction, est d'autant plus remar-

quable, que le Zambèse subit de grandes fluctuations de niveau et qu'il ne garde la profondeur nécessaire aux steamers à fond plat qui le parcourent que pendant sept à huit mois de l'année. Outre cela, le fleuve est capricieux et modifie sans cesse la forme de son lit, de sorte que les échouages y sont assez fréquents. Enfin, comme nous l'avons dit, le port de Chinde, qui lui sert d'entrée, est d'un accès difficile, et le débarquement ainsi que l'embarquement des marchandises y souffrent de sérieux inconvénients. L'ensemble de ces conditions se traduit naturellement par l'élévation du coût des transports.

Il n'est pas surprenant que l'on ait cherché, de ce côté aussi, à améliorer l'état des voies de communication et le coût des frets. L'un des projets imaginés est déjà en voie de réalisation.

Pour pénétrer dans le territoire de la *British Central Africa*, les marchandises remontent sur steamers le Chiré, rivière qui se jette dans le Zambèse, à 150 kilomètres en amont de son embouchure; mais le Chiré cessant rapidement d'être navigable, il faut ensuite les transporter à dos d'hommes jusqu'à Blantyre et au lac Nyassa. Ce portage est à la veille de disparaître : un chemin de fer unissant le lac Nyassa au bas Chiré est actuellement en construction.

Un autre projet de chemin de fer qu'on s'occupe aussi de réaliser, part de Beira pour aboutir au Zambèse vis-à-vis du confluent du Chiré. Il vise à la suppression des transbordements multiples qui retardent et aggravent les communications vers la région du Zambèse. L'exécution de ce second projet ferait gagner cinq jours au moins aux transports de Beira au confluent du Chiré; celle du chemin de fer du Chiré en fera gagner au moins cinq aussi aux transports du confluent du Chiré jusqu'au lac Nyassa, et par conséquent ces deux ouvrages amélioreraient notablement les communications avec la frontière orientale de l'État Indépendant du Congo et l'Est Africain allemand.

Le chemin de fer de Beira au Zambèse aura en quelque sorte pour conséquence de créer une embouchure au fleuve et de développer encore la navigation intérieure sur ce puissant cours d'eau.

Le Zambèse est à peine exploité jusqu'à présent. Cependant, sauf une interruption d'une centaine de kilomètres aux rapides de Kebrabassa, situés à 500 kilomètres environ de Chinde, il est navigable sur une étendue de près de 800 kilomètres pendant une bonne moitié de l'année. Les rapides de Kebrabassa contournés par une voie ferrée, le Zambèse mis en communication directe avec Beira deviendrait la grande route commerciale de l'immense territoire compris entre les lacs Nyassa, Tanganika, Moëro et Bangweolo. Le port de Beira est donc appelé à un avenir considérable. Ce sera, quelque jour, l'une des places maritimes les plus importantes du continent africain.

Ch. Morisseaux.

V

LES FONCTIONS ÉCONOMIQUES DU PORT DE LIVERPOOL

—

Il ne saurait entrer dans le cadre d'une courte communication d'étudier sous tous ses aspects l'organisme très complexe qu'est le port de Liverpool. Le but que nous poursuivons ici est beaucoup plus modeste et consiste uniquement dans la détermination des fonctions économiques de ce port.

Nous laisserons donc de côté tout ce qui concerne les conditions d'exercice de ces fonctions, c'est-à-dire, soit l'ensemble des circonstances grâce auxquelles le port de Liverpool joue le rôle important qu'il détient depuis si longtemps, soit l'ensemble des voies et moyens qui assurent la réalisation de ce rôle. Qu'il nous suffise de rappeler au début, sans entrer dans aucuns détails, que l'administration du port et des docks est centralisée entre les mains d'une corporation locale, le *Mersey Docks and Harbour Board*, qui, en vertu d'*Acts* du Parlement, décide souverainement, sous la réserve de certaines garanties et sous le contrôle des armateurs, négociants et courtiers qui l'élisent, toutes les questions se rattachant au trafic maritime, à l'amélioration de l'outillage, à l'entretien ou à la construction des divers ouvrages du port.

En d'autres termes, Liverpool offre un des exemples les plus parfaits d'un port autonome, gouverné sans partage par une seule administration locale, dans les conditions d'indépendance les plus caractérisées vis-à-vis des pouvoirs publics. Alors que le port de Londres, par exemple, manque d'une direction unifiée, au point qu'une réforme s'impose, le port de Liverpool est organisé sous

un régime qui correspond merveilleusement à toutes les exigences modernes. Cette heureuse situation a contribué dans une large mesure au bon accomplissement des fonctions économiques qu'il est appelé à remplir.

Comme il arrive dans la plupart des grands ports, ces fonctions sont multiples à Liverpool. Les marchandises qui s'accumulent sur ses quais n'y viennent pas toutes pour la même raison.

Les unes sont nécessaires à l'approvisionnement de l'arrière-pays en matières premières, objets d'alimentation ou marchandises de toutes sortes, ou bien représentent le trop plein de sa production. Elles ne passent par le port que pour le service de son arrière-pays, soit à l'importation, soit à l'exportation. En les chargeant ou en les déchargeant, le port de Liverpool accomplit sa fonction régionale.

D'autres, également attirées vers Liverpool par les besoins de l'arrière-pays, ne peuvent pas y être distribuées sans avoir subi une transformation industrielle. Trop lourdes ou trop encombrantes sous la forme de matières premières pour supporter les frais de transports terrestres, beaucoup plus onéreux que les frais de transports par mer, elles doivent être traitées sur place, là où elles-sont débarquées. L'opération industrielle, leur donnant une valeur plus grande sous un moindre poids et un moindre volume, leur permet d'être distribuées par les voies de terre sous leur forme nouvelle de produits manufacturés. Certains minerais, certaines matières premières de l'industrie des engrais chimiques, beaucoup de plantes oléagineuses, rentrent dans cette catégorie. Elles donnent naissance à la fonction industrielle des ports, variété notable de leur fonction régionale. Liverpool possède plusieurs de ces industries spéciales aux ports.

Enfin, l'activité du port de Liverpool est alimentée également par des marchandises qui ne vont pas en Angleterre et qui n'en viennent pas. Celles-là n'ont rien à faire ni avec la fonction proprement régionale, ni avec sa fonc-

tion industrielle. Elles relèvent de sa fonction commerciale.

En raison de l'espace limité dont nous disposons pour présenter cet exposé, nous ne distinguerons pas la fonction industrielle de la fonction régionale, dont elle peut être considérée comme une variété. Nous examinerons donc simplement comment se déterminent la fonction régionale et la fonction commerciale du port de Liverpool.

La fonction régionale

Si nous jetons les yeux sur une carte de l'Angleterre, l'arrière-pays géographique susceptible d'être desservi par Liverpool nous apparaît de suite comme étroitement limité. Le vaste estuaire de la Mersey, sur lequel est située Liverpool, est l'aboutissement d'un fleuve de peu de longueur ; nous ne trouvons donc pas là la profonde pénétration fluviale de l'Elbe derrière Hambourg, du Rhin derrière Rotterdam, de l'Escaut et des canaux de la Belgique et du nord de la France derrière Anvers. De plus, dans quelque direction que l'on s'éloigne de Liverpool sur le territoire de l'Angleterre, on ne tarde pas à atteindre des points plus rapprochés de Londres, de Hull, de Newcastle, de Cardiff ou de Swansea que de Liverpool même. La concurrence de ces grands ports restreint strictement la zone territoriale que Liverpool peut mettre en communication avec la mer.

Par contre, cette région étroite est prodigieusement active. Les gisements de charbon du Lancashire, du pays de Galles et du Staffordshire y ont favorisé un développement extraordinaire de l'industrie. L'esprit d'entreprise des Anglais a pu s'y donner libre carrière dans une infinité de branches de la fabrication. La métallurgie y occupe une place très importante ; mais l'industrie textile, particulièrement l'industrie cotonnière, concentrée dans le

Lancashire, règne en maîtresse autour de Manchester, à Oldham, Bolton, Rochdale, etc.

L'intensité de la production industrielle appelle forcément une importation considérable de matières premières. En nous reportant aux statistiques de 1904 (1), nous relevons, en effet, au port de Liverpool, des chiffres d'importation de matières premières qui traduisent clairement la physionomie industrielle de son arrière-pays.

En tête vient le coton brut, naturellement. Liverpool en a reçu 685 000 tonnes représentant une valeur de plus d'un milliard de francs (1 066 637 150 francs). La laine figure pour 50 000 tonnes et 93 millions de francs, le chanvre pour 26 000 tonnes et 21 millions de francs, soit en chiffres ronds, 760 000 tonnes de chargement pour les navires venant à Liverpool et près de douze cents millions de francs pour son mouvement commercial, du seul fait des besoins de l'industrie textile.

La métallurgie employant des matières premières d'une valeur moindre fournit au mouvement commercial une contribution beaucoup moins élevée : 93 millions de francs seulement de minerais et de métaux demi-ouvrés viennent à Liverpool, mais leur poids représente 560 000 tonnes. La métallurgie est donc une excellente pourvoyeuse de fret pour les navires venant à Liverpool.

De même, bien que dans une moindre mesure, la culture scientifique des terres, l'engraissement perfectionné des animaux, donnent du fret à l'armement sans mettre en mouvement des valeurs très importantes. Il entre par Liverpool 216 000 tonnes d'engrais et de tourteaux, valant seulement 28 millions de francs. Notons encore 180 000 tonnes de plantes et graines oléagineuses représentant une valeur de 27 millions de francs. Ces lourdes cargaisons sont un précieux élément de trafic pour les grands navires d'aujourd'hui, auxquels il faut des marchandises

(1) V. *Annual statement of the Trade of the United Kingdom with foreign countries and british possessions*, 1904.

de poids et d'encombrement pour remplir leurs vastes cales.

En ajoutant à ces marchandises 75 millions de francs de peaux et cuirs, 83 millions de bois, 40 millions de tabac brut, 22 millions de suif et stéarine, on arrive, pour les principales matières premières importées à Liverpool, à un total de valeurs d'un milliard et demi de francs environ. Voilà ce que demandent à Liverpool, ce qu'attirent, par suite, à Liverpool, les besoins industriels de l'étroite, mais active région desservie par ce port.

Voici maintenant la contre-partie. Cette région ne fabrique pas pour la seule Angleterre. Elle ne s'est développée que par les débouchés qu'elle a trouvés au dehors pour ses industries, et Liverpool est son port d'expédition. Il n'est même guère que cela. En effet, nous ne voyons figurer au compte des exportations de Liverpool ni produits agricoles, ni produits miniers. Il n'est pas exporté de ce grand port anglais une seule tonne de charbon, alors que le Royaume-Uni en exporte 45 millions de tonnes, 66 millions si on tient compte des charbons de soute pris par les navires. Tous les produits anglais expédiés de Liverpool à l'étranger sont exclusivement des produits industriels. Leur valeur s'est élevée en 1904 à 2 milliards 675 millions de francs.

Ces chiffres prouvent clairement que Liverpool a grandi en raison du développement industriel de son arrière-pays. Son histoire commence avec ce développement : Liverpool n'avait que 5000 habitants en 1700. Son nom ne figure même pas dans le *Doomesday Book* dressé à la suite de la conquête de Guillaume le Conquérant. C'est au cours du XVIIIe et surtout du XIXe siècle que le port a grandi par l'essor du Lancashire et des comtés avoisinants.

L'industrie régionale a fait plus que de fournir à Liverpool des importations de matières premières et des exportations de produits fabriqués. En agglomérant autour des usines une population très dense, que la contrée est inca-

pable de nourrir avec ses ressources agricoles, elle a déterminé un mouvement considérable d'importation de matières alimentaires. A elles seules, les diverses céréales importées à Liverpool en 1904 représentent 2 186 000 tonnes de poids et une valeur de 358 millions de francs ; les viandes figurent pour un poids très inférieur, 370 000 tonnes, mais leur valeur dépasse celle des céréales et atteint 390 millions de francs ; 97 millions de fruits, 92 millions de sucres, 41 millions d'huiles végétales, 34 millions de fromages, 30 millions de poissons, 5 millions 1/2 d'œufs, etc., nous donnent, avec les céréales et les viandes, un total de valeurs qui n'est pas moindre de 1150 millions de francs. Il faut autre chose que des matières alimentaires à la population massée autour des fabriques de la région. Elle consomme pour 21 millions de francs de pétrole, pour 30 millions de tabac manufacturé, pour 3 millions 1/2 de savon, etc. Plus de 1200 millions de marchandises viennent ainsi à Liverpool pour la consommation de l'arrière-pays et s'ajoutent au milliard et demi de matières premières que nous avons noté plus haut. La fonction régionale attire donc à Liverpool, de ces deux chefs, des cargaisons d'une valeur totale d'environ 2 milliards 700 millions et fournit à l'exportation un fret d'une valeur sensiblement équivalente (2 675 000 000).

La nature des marchandises reçues et expédiées est forcément déterminée dans une large mesure par les besoins de la région desservie. Si Liverpool reçoit plus d'un milliard de francs de coton brut, par exemple, c'est que le Lancashire est le grand centre de l'industrie cotonnière anglaise. Par suite, Liverpool voit son commerce maritime se diriger principalement vers les pays producteurs de coton, en particulier vers les États-Unis. C'est encore aux États-Unis que Liverpool trouve la plus grosse part des céréales, des viandes, que réclame son arrière-pays. Une contrée à population clairsemée, à production agricole surabondante, est précisément complé-

mentaire d'un pays industriel surpeuplé. Elle a en excès ce qui fait défaut à l'autre. Les relations commerciales de Liverpool avec l'Amérique du Nord résultent donc des besoins de son arrière-pays. Et on pourrait facilement, dans une étude plus détaillée, suivre le développement du commerce de Liverpool avec l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Australie, parallèlement aux besoins croissants de l'arrière-pays en laines, caoutchouc, graines oléagineuses, etc., d'une part, et aux débouchés croissants qu'offrent ces divers pays aux marchandises fabriquées dans la région de Liverpool, d'autre part.

Ainsi la quantité, la nature, la provenance ou la destination des marchandises débarquées ou embarquées dans le port sont fonction de son arrière-pays.

Il y a plus, et les théories économiques en faveur à Liverpool sont déterminées à leur tour par ces éléments. L'union douanière impériale, rêvée par M. Chamberlain, y a rencontré peu d'adeptes, parce que les principales relations commerciales de Liverpool sont avec des pays étrangers. Londres, qui commerce activement avec les colonies anglaises, a pu prêter une oreille plus attentive aux discours de l'apôtre du néo-protectionnisme. Si les possessions britanniques étaient seulement en mesure de fournir au Lancashire le coton brut et le blé qu'il lui faut, l'École de Manchester ne tarderait pas à perdre son nom ; mais, dans les conditions actuelles, toute entrave au trafic avec l'Amérique, par exemple, serait funeste à la région desservie par Liverpool.

L'étroitesse de cette région a déjà été signalée. Il faut noter cependant que les limites en sont étendues, pour certaines marchandises, par l'existence du marché national de ces marchandises à Liverpool. C'est ainsi que Liverpool reçoit presque tout le coton brut destiné à l'Angleterre ou à l'Écosse ; seul, le port de Londres en inscrit à ses importations pour une valeur de 40 millions de francs ; on n'en trouve pas trace à Glasgow, qui est

pourtant un centre d'industrie cotonnière. La prépondérance industrielle du Lancashire entraîne la prépondérance commerciale de Liverpool pour l'entrée de cette matière première et étend jusqu'aux limites de la Grande-Bretagne elle-même la région desservie par Liverpool *à ce point de vue*. De même, le caoutchouc traité par l'industrie anglaise arrive principalement par Liverpool, tandis qu'au contraire le thé, si universellement consommé sur toute la surface du Royaume-Uni, entre surtout par Londres. Liverpool en reçoit seulement pour un demi-million de francs en 1904. Il faut donc distinguer l'arrière-pays géographique du port de son arrière-pays économique, plus exactement de ses arrière-pays économiques, variables suivant la marchandise considérée.

Cette distinction est d'autant plus nécessaire que l'arrière-pays économique d'un port peut varier par suite de faits extérieurs. Liverpool en offre un curieux exemple. Pendant de longues années ce port était le seul point d'embarquement des passagers et émigrants britanniques vers les États-Unis. Aujourd'hui, il est très fortement concurrencé par Southampton, parce que les paquebots des grandes compagnies allemandes y font escale. Tout le sud de l'Angleterre se trouve ainsi enlevé à Liverpool, au point de vue de ce trafic, et cela par l'essor de l'armement hambourgeois et brêmois.

Quelles que soient, au surplus, les variations subies par les arrière-pays économiques de Liverpool, sa fonction régionale reste dominée par le fait que nous signalions au début. Liverpool ne peut, en aucun état de cause, desservir une région très vaste. Son port a grandi par l'activité merveilleuse d'une région peu extensible. Il devait, par suite, être dépassé par les ports continentaux situés à l'embouchure d'un fleuve à pénétration profonde, du jour où ces ports seraient mis en communication avec leur arrière-pays étendu et économiquement développé. Cela explique pourquoi Liverpool est passée aujourd'hui

du second au cinquième rang des ports d'Europe, après Hambourg, Anvers et Rotterdam, Londres conservant jusqu'ici sa prééminence.

La fonction commerciale

L'analyse sommaire à laquelle nous nous sommes livrés pour déterminer la fonction régionale de Liverpool montre bien qu'elle n'est pas la seule fonction remplie par ce port. En effet, même en lui attribuant la totalité des matières premières et des objets de consommation importés — ce qui n'est pas entièrement justifié, comme nous le verrons — et la totalité des exportations d'origine anglaise — ce qui paraît légitime — nous arrivons au compte suivant :

Importations de matières premières	1	milliard	500	mill.
» d'objets de consommation	1	»	200	»
Exportations d'origine anglaise	2	»	675	»
Total	5	milliards	375	mill.

Or, l'ensemble des importations et des exportations de Liverpool atteint, d'après les statistiques de 1904, six milliards et demi de francs. La fonction régionale n'explique donc pas, à elle seule, le mouvement des marchandises. La fonction commerciale nous en rendra compte. Nous verrons même qu'elle a quelque chose à reprendre sur le chiffre attribué à la fonction régionale.

En effet, toutes les matières premières et tous les objets de consommation importés à Liverpool ne sont pas à destination définitive de sa région. Il en est qui viennent dans le port pour y trouver un marché international et, de là, être réexpédiés à l'étranger.

Nous constatons, par exemple, qu'en 1904, Liverpool a réexporté pour 72 millions de francs de cotons bruts ; en 1903, elle en avait réexporté pour 105 millions de

francs. Pourquoi ces cotons sont-ils entrés à Liverpool, puisqu'ils ne devaient pas être travaillés en Angleterre ? Tout simplement, parce que Liverpool est un grand marché de cotons bruts. Sans doute, l'existence de ce marché est due à l'énorme consommation du Lancashire ; mais, précisément à cause de l'énormité de cette consommation, le marché dépasse les besoins de la région. Il est assez puissant, assez bien organisé pour attirer à lui des cotons destinés à des centres de fabrication plus ou moins isolés et trop modestes pour alimenter un marché à eux seuls. Ces centres sont ainsi tributaires de Liverpool, ou du Havre, ou de Brême, car les places européennes où se traitent les cotons bruts sont en nombre très limité. Le marché à terme est nécessaire aux transactions sur cette marchandise en raison de circonstances connues, dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, et ce marché ne peut se constituer que là où d'importantes quantités sont traitées. La fonction commerciale de Liverpool, en ce qui concerne les réexportations de cotons bruts, est due à l'existence de son marché de cotons bruts.

Les céréales donnent lieu à un phénomène analogue, bien que moins intense, les marchés européens de blés étant beaucoup plus nombreux que les marchés de cotons. Liverpool a réexporté en 1904 pour 15 millions 1/2 de céréales, dont 13 millions de riz. L'importance de son marché de riz paraît tenir surtout à l'activité de ses relations avec les ports du sud des États-Unis.

Liverpool a aussi un grand marché de caoutchouc. Les réexportations ont atteint 103 millions de francs en 1904, alors que les importations donnaient un total de 170 millions. Le service de l'étranger a donc dépassé le service de la région. Notons encore 30 millions de réexportations de laines, 8 millions de réexportations de plumes d'ornement, etc.

Toutes ces marchandises viennent chercher un marché à Liverpool ; elles y sont l'objet de transactions qui déter-

minent leur destination définitive ; elles y sont traitées. Mais il en est d'autres qui sont simplement transbordées à Liverpool. Celles-là n'y trouvent, par conséquent, qu'une facilité, une occasion de transport. Elles passent par Liverpool, parce que c'est une sorte de carrefour maritime, parce que c'est le point d'où une marchandise est le mieux assurée d'arriver promptement à sa destination, grâce à la multiplicité et à la fréquence des services sur certains pays. La cause qui les attire n'est pas le marché commercial, mais l'activité du mouvement maritime qui se chiffre à Liverpool, en 1904, par 14 698 792 tonnes, entrées et sorties réunies. Ces marchandises constituent une catégorie d'une certaine importance. Les statistiques anglaises les classent à part et indiquent pour elles une valeur de 214 millions (64 millions pour les marchandises franches de droit, 150 millions pour les marchandises taxées). Seuls, les très grands ports visités par de nombreux navires peuvent jouer ce rôle de distributeurs de marchandises de mer ; c'est une variété de la fonction commerciale réservée aux quelques points du globe où les transports maritimes se concentrent avec le plus d'intensité. En Grande-Bretagne, Londres et Liverpool sont, à peu de chose près, les deux seuls ports où elle existe. Sur un mouvement total de transbordements de marchandises de mer *(transhipments)* s'élevant à 612 millions de francs en chiffres ronds, Londres et Liverpool font plus des trois quarts, 462 millions.

Comme l'activité du mouvement maritime, l'activité de la distribution commerciale attire à Liverpool certaines marchandises qui ne font qu'y passer. On voit figurer, par exemple, dans les importations, 41 millions de jute manufacturé et les réexportations en reprennent 39 millions et demi. Il s'agit évidemment de sacs d'emballage de jute utilisés, en partie, pour la réexpédition de grains, et spécialement de riz, transportés en vrac de leur port d'origine, et repartis de Liverpool en sacs avec d'autres cargaisons.

Enfin, il faut mentionner aussi les marchandises dirigées sur Liverpool en raison des facilités d'entrepôt qu'elles y rencontrent. L'existence de vastes magasins, bien outillés, dans lesquels une marchandise peut séjourner sans trop de frais, où elle peut être warrantée dans de bonnes conditions, constitue un des éléments de l'organisation commerciale d'un port. C'est encore un motif nouveau d'y amener des cargaisons que ne réclame pas l'arrière-pays de ce port, mais qui relèvent de sa fonction commerciale.

Le développement pris à Liverpool par cette fonction est dû pour une large part à la puissance des maisons d'armement établies dans ce port. Sur dix millions et demi de tonneaux de jauge nette que compte la flotte marchande du Royaume-Uni, 2 678 766 tonneaux, soit plus du quart, sont afférents à des navires ayant leur port d'attache à Liverpool. Ce fait est d'une extrême importance pour l'établissement de certains marchés dans ce port. Celui du caoutchouc, par exemple, déborde, nous l'avons vu, d'une façon très notable sur les besoins de la consommation régionale. Plus de la moitié des caoutchoucs importés à Liverpool sont réexportés (103 millions de réexportations sur 170 millions d'importations). La comparaison de ces deux chiffres montre clairement que, pour une grande partie, le marché des caoutchoucs pourrait être enlevé à Liverpool. Mais il s'y maintient et il s'y développe par la puissance de l'armement local qui ramène de préférence à Liverpool les caoutchoucs chargés par lui dans les pays d'origine. A supposer que le mouvement maritime du port fût alimenté surtout par les pavillons étrangers, à supposer notamment que les relations avec l'Amérique du Sud fussent assurées par eux, la quantité de caoutchouc traitée à Liverpool tendrait naturellement à se rapprocher de la quantité nécessaire aux besoins régionaux. Sur ce point, le rôle commercial du port est une conséquence de l'activité de l'armement local. C'est, d'ail-

leurs, un fait vérifié que, pour les marchandises d'une certaine valeur par rapport à leur poids, les marchés internationaux se déplacent souvent par le seul fait que le pavillon transporteur vient à changer. Sir Thomas Sutherland, président de la Compagnie péninsulaire et orientale, en donnait, il y a quelques mois, devant la Commission anglaise chargée d'étudier les réformes à apporter à l'organisation du port de Londres, un exemple frappant. Le marché de la soie était à Londres dans la première moitié du XIXe siècle ; c'est la création de la Compagnie des Messageries Maritimes qui a déterminé son déplacement au profit du continent (1). L'existence des grands marchés internationaux dans un port peut donc dépendre de l'activité de l'armement local. Dans le cas de Liverpool, la puissance de sa flotte de commerce contribue fortement à renforcer sa fonction commerciale.

Il nous reste à préciser quelle proportion du trafic total doit être attribuée, d'une part, à la fonction régionale, d'autre part, à la fonction commerciale de Liverpool. Un décompte absolument exact est, bien entendu, impossible à établir. Cependant on peut arriver à se rendre compte, à peu de chose près, de l'importance relative des deux fonctions en ce qui concerne la valeur des marchandises. En ce qui concerne leur poids, les statistiques anglaises ne permettent pas d'établir des calculs d'ensemble, certaines marchandises y figurant sans aucune indication de poids.

Il faut d'abord remarquer que les chiffres donnés plus haut pour la fonction régionale sont à la fois incomplets et forcés. Ils sont incomplets, parce que nous nous sommes bornés à relever les valeurs afférentes aux principales marchandises classées et qu'aucun compte ne peut être tenu des marchandises non classées qui figurent dans les statistiques pour des sommes importantes. Ils sont forcés,

(1) *Report of Commissioners. Port of London*, p. 23.

parce que nous avons attribué provisoirement à la fonction régionale toutes les matières premières ou alimentaires relevées par nous, alors qu'une certaine partie d'entre elles est reprise aux réexportations, comme nous venons de le voir, et doit être portée, par suite, au compte de la fonction commerciale.

Dans ces conditions, le seul procédé — procédé sommaire, d'ailleurs — pour résoudre le problème posé, consiste à analyser directement, avec le secours des indications statistiques, les marchandises qui ne viennent à Liverpool par mer que pour en repartir par mer.

Une première catégorie est celle des réexportations, c'est-à-dire des marchandises qui, ayant été inscrites dans les relevés d'importations, sont ensuite reprises dans les relevés d'exportations. Elles figurent au compte spécial des réexportations pour 446 millions de francs. Il faut y ajouter 64 millions de marchandises franches en transit, soit au total 510 millions de francs. Mais pour comparer ce chiffre à celui du mouvement total du commerce maritime, il convient de le doubler, puisque ces 510 millions de francs entrent à la fois et dans le compte des importations et dans le compte des réexportations (1). Nous arrivons ainsi à une somme d'un milliard vingt millions de francs.

Ce n'est pas tout. Nous avons encore à tenir compte de 146 millions de *transhipments under bond*, c'est-à-dire de marchandises soumises aux droits et transbordées à Liverpool sous le régime de l'entrepôt réel. Ces marchandises ne figurent pas dans les relevés d'importations et d'exportations. Elles doivent donc être considérées à part. Mais elles n'en donnent pas moins lieu à un double mouvement et il convient, par suite, de les doubler, soit 292 millions de francs.

(1) Voir la note de la page 497, *Annual Statement of the Trade of the United Kingdom*, vol. II.

Nous aboutissons donc au compte d'ensemble suivant :

1° Total des importations et exportations	6 milliards 500 millions
2° Marchandises transbordées en entrepôt	292 »
Total général du mouvement commercial	6 milliards 792 »

Là-dessus, la fonction commerciale est représentée par :

1° Les réexportations (comptées deux fois)	892 millions
2° Les transbordements de marchandises franches (id.)	128 »
3° Les transbordements en entrepôt (id.)	292 »
Total pour la fonction commerciale	1 milliard 312 millions

soit, sur l'ensemble, 19,4 % ou, en chiffre rond, un cinquième.

Si nous rapprochons ce résultat de ceux auxquels nous ont conduits des études analogues sur d'autres grands ports, nous constatons que le rôle de la fonction commerciale est inférieur, à Liverpool, à celui qu'elle tient à Hambourg (environ 25 %). Cette constatation a son intérêt, parce qu'elle détruit une conclusion spécieuse et prématurée contre laquelle il convient de se mettre en garde.

La distinction que nous avons présentée de la fonction régionale et de la fonction commerciale des ports pourrait faire naître l'idée que ces deux fonctions sont indépendantes. En réalité, elles sont distinctes, mais avec un rapport marqué de dépendance. Dans l'état actuel du commerce maritime la fonction régionale a une importance primordiale. C'est elle qui attire la plus grande

partie des marchandises lourdes ; c'est elle, par conséquent, qui contribue le plus efficacement à remplir les cales des grands navires modernes, qui leur fournit l'occasion de naviguer avec profit, qui détermine leur destination définitive. Plus les moyens de communications terrestres se développent dans l'arrière-pays des ports, plus s'élargit la zone de récolte et de distribution des produits lourds, plus devient puissant l'appel du courant qu'ils créent pour le commerce maritime. Par suite, les marchandises plus légères et de plus grande valeur, susceptibles de déplacements moins onéreux ou plus aptes à en supporter les frais, se trouvent entraînées par ce courant vers les ports dont la fonction régionale s'affirme. Il en résulte que les grands marchés internationaux du commerce maritime tendent à se porter précisément sur les points où un grand marché national existe et progresse. En d'autres termes, la fonction commerciale d'un port est en danger quand sa fonction régionale cesse de grandir.

L'exemple de Liverpool montre comment l'arrêt relatif du développement que l'étroitesse de son arrière-pays inflige à sa fonction régionale rejaillit aussi sur sa fonction commerciale. Loin de prendre une importance proportionnelle plus considérable que dans les ports à vaste arrière-pays comme Hambourg, elle y tient une moindre place. Et elle ne se maintient que par l'admirable activité, l'esprit d'entreprise éclairé et les larges ressources de la région desservie par Liverpool.

PAUL DE ROUSIERS.

VI

ANVERS ET LA VIE ÉCONOMIQUE NATIONALE

—

Le port d'Anvers a fait l'objet, en ces derniers temps, d'études importantes et intéressantes. C'est surtout le point de vue technique des installations nouvelles à créer, avec ou sans modification apportée au cours de l'Escaut, qui a préoccupé les auteurs de ces savantes publications.

Ce côté de la question ne sera pas abordé ici.

Ce que nous voulons, c'est essayer de pénétrer et de décrire l'importance économique du port d'Anvers, d'expliquer les avantages qu'il offre au commerce maritime et de montrer son rôle, tant national qu'international.

La Belgique reçoit, par le port d'Anvers, les matières premières de toute nature, nécessaires à son alimentation et à son industrie, de même qu'elle exporte, par son intermédiaire, les produits finis de ses fabriques et de ses ateliers. Anvers est l'organe vital, le cœur de notre activité économique nationale, dont les pulsations se répercutent sur le corps social tout entier.

Anvers n'est pas seulement un grand port national, il étend ses ramifications bien au delà de nos frontières restreintes, il exerce une attraction intense sur un arrière-pays considérable et devient ainsi un facteur important de la vie économique des pays voisins.

Anvers enfin n'est pas seulement un port, mais une place de commerce puissante, qui achète à l'étranger et importe, qui envoie à l'étranger nos produits et nos capitaux, comme elle manipule, embarque et expédie pour compte des voisins les marchandises qu'ils exportent.

C'est donc dans ses relations avec l'arrière-pays et sous

ses multiples aspects de place commerciale d'importation, d'exportation et de port transitaire que nous étudierons notre métropole commerciale, en faisant ressortir l'influence exercée par chacune des fonctions de son grand port sur la vie économique nationale.

L'hinterland du port d'Anvers — Ses caractères Son étendue

La Belgique ne produit pas assez de vivres pour pourvoir à sa subsistance. Les richesses de son sol et de son sous-sol, à l'exception du charbon, ne suffisent pas à alimenter son industrie. Plus que les autres pays, la Belgique doit donc avoir recours à l'étranger, à l'échange des produits. C'est du reste ce qui ressort du chiffre de son commerce spécial par tête, puisque chaque Belge échange annuellement pour environ 709 francs de marchandises, tandis que l'Anglais, qui vient ensuite, ne trafique que pour 530 francs.

Comme la Belgique reçoit la plus grande partie de ses vivres et des matières premières par voie de mer et que d'autre part ce trafic se concentre pratiquement à Anvers, on voit du premier coup d'œil combien est important au point de vue de l'économie nationale le rôle joué par ce port.

Il nous paraît inutile de répéter ici l'histoire tant de fois redite du port d'Anvers. Mais on peut faire remarquer que, dès ses origines, Anvers est le grand port de l'Europe centrale. Le commerce anversois étendait ses ramifications sur toute l'Allemagne centrale et compta même à un moment donné la République vénitienne au nombre de ses clients.

Anvers est en effet singulièrement favorisé par la nature. Le bras de mer dans lequel l'Escaut se jette est le nœud de tout le réseau navigable rhénan et mosan. L'Es-

caut lui-même, avec ses affluents, permet une pénétration facile en France. Car le commerce suit de préférence la vallée des fleuves où il trouve les routes faciles et économiques qu'il recherche.

C'est devenu un lieu commun de dire que l'hinterland fait le port; inutile donc de s'attarder à le démontrer. Ce sont les besoins des populations qui occupent l'arrière-pays, qui déterminent strictement la nature des services que l'on demande au port.

Or, pour toute la vallée du Rhin, de la Meuse et de l'Escaut les besoins sont les mêmes.

Aussi loin que l'on remonte dans l'histoire, on voit les populations de l'Europe centrale se procurer, par le travail et l'échange, les biens que la nature leur refuse et surtout dans la période moderne elles n'échangent pas un produit naturel contre un autre, mais un produit qui a reçu une plus-value par leur travail, contre d'autres qui les feront vivre, ou contre des matières premières pour l'industrie. Ce travail, tant intellectuel que manuel, rendu nécessaire par la pénurie des ressources naturelles, aiguisé par une lutte constante, qui surexcite toutes les énergies, sélectionne et affine les individus qui s'y livrent et crée de la sorte une catégorie nouvelle de besoins, plus variés, plus nombreux, plus exigeants. Toutes ces circonstances réunies contribuent à développer dans la mesure la plus large l'activité des échanges.

Enfin, si la nature s'est montrée ingrate, elle n'a pas refusé cependant aux populations de l'hinterland anversois la source de toute énergie dynamique. Elle a prodigué le combustible : les charbons du Pas-de-Calais, du Nord, du Borinage, du Centre, du bassin de Charleroi, de la vallée Mosane, du Rhin, de la Westphalie, permettent d'entretenir et de centupler l'activité créatrice de la population.

Comme la population de l'hinterland vit essentiellement

de son travail, la subsistance de chaque individu est indépendante de l'étendue de terre dont il dispose.

Aussi, dans le bassin immédiat de l'Escaut, les régions du Pas-de-Calais, du Nord, de l'Est sont-elles naturellement les plus denses de la France. La population moyenne de la Belgique est une des plus fortes de l'Europe ; la Westphalie et la Province rhénane accusent les chiffres les plus élevés de la Prusse et tout aux confins du bassin naturel, là où cependant l'influence du courant commercial se fait encore sentir, la Saxe présente la population la plus compacte de l'Europe entière. C'est là une situation presque unique au monde : pénétration de la mer, réseau navigable naturel étendu, population très dense avec des besoins d'échange considérables. Telles sont les caractéristiques de l'hinterland drainé par l'Escaut, la Meuse et le Rhin.

Pour achever cette esquisse, nous remarquerons enfin qu'aux portes de l'estuaire qui réunit les trois fleuves s'offre une contrée qui, pour des raisons analogues, a les mêmes besoins, mais qui, pour des raisons historiques, est habitée par une race plus mélangée, plus sélectionnée par la lutte séculaire, plus énergique et plus entreprenante : l'Angleterre.

Par suite de la situation insulaire de ce pays, Londres est devenu le centre du commerce anglais. Le bras de mer réunissant les trois grands fleuves de l'Europe centrale devait être, lui, le centre du commerce continental.

Après avoir indiqué les caractères typiques de l'hinterland du port d'Anvers, nous avons à nous demander quelle est son étendue ou, en d'autres termes, quel est le rayon d'influence du port d'Anvers.

L'étendue de l'hinterland d'un port, son rayon d'influence est déterminé par le nombre, la variété et la facilité des voies d'accès à ce port.

Or, Anvers ne dispose pas seulement d'importantes voies

de pénétration fluviales, mais encore d'un réseau serré de voies ferrées, qui relient son port à tous les points de l'Europe.

Anvers-Amsterdam, Anvers-Paris, Anvers-Bâle, Anvers-Vienne, Anvers-Milan, Anvers-Munich, Anvers-Berlin, Anvers-Leipzig sont autant d'artères dont les ramifications plongeant au loin alimentent le port qui nous occupe.

Ce puissant réseau de voies de communication, en diminuant les distances, en facilitant la circulation des marchandises, détermine aussi l'étendue de l'hinterland anversois.

Et cependant, la distance qui sépare Anvers de l'un ou de l'autre point de son hinterland n'est pas le seul élément dont il faille tenir compte en cette matière.

Il n'en est même pas, dans des cas fréquents, l'élément le plus important, et cette remarque doit retenir quelque peu notre attention.

Il arrive, en effet, que des trafics qui, par suite de la moindre distance de leur lieu d'origine au port d'Anvers, sembleraient être réservés à ce dernier lui échappent et aillent à un autre port plus distant. Et, en sens inverse, il arrive aussi qu'Anvers reçoive des trafics que son plus grand éloignement semblerait devoir lui enlever.

Comment expliquer ces faits ?

Le problème qui se pose pour tout exportateur, est évidemment de livrer au meilleur marché possible à destination la marchandise qu'il s'est chargé de fournir.

Or, le prix de revient à destination comprend deux éléments principaux : le coût au lieu de production et le coût du transport général.

Nous n'avons, ici, à nous occuper que de ce dernier élément.

Le coût du transport général se compose, lui-même, de deux éléments : la *livraison franco bord* et le *fret de mer* que nous examinerons successivement.

Livraison franco bord. C'est le coût de la livraison

franco bord qui détermine l'étendue de l'hinterland. Ce coût lui-même comprend deux facteurs : le coût du transport jusqu'au navire, soit fret fluvial, soit port de chemin de fer (1), et le coût de la mise en cale.

S'il s'agit d'un fret fluvial, l'élément principal qui en déterminera le taux sera la continuité de l'emploi du navire.

C'est ainsi que les allèges rhénanes accepteront un fret de 40 pf. par tonne de moins pour Rotterdam que pour Anvers, non pas tant à cause de la différence de distance qui ne justifie pas pareille augmentation, mais bien parce qu'elles sont certaines de trouver immédiatement un fret de retour à Rotterdam. Si, par suite de circonstances extraordinaires, telles que la grève de 1905 dans ce port, le retour manque à Rotterdam, nous voyons que la différence de fret monte jusque 1 mark en faveur d'Anvers. L'effet s'en fait sentir immédiatement, et l'on peut citer tel cas où l'on achemina environ 20 000 tonnes de billettes par Anvers pour un seul port anglais, alors qu'autrefois ces marchandises passaient par Rotterdam. Cette même continuité dans l'emploi dépend naturellement aussi et dans une certaine mesure de la rapidité des opérations de déchargement et de chargement au port de mer.

S'il s'agit d'un transport par chemin de fer, la question est plus complexe encore, car le facteur distance est vicié ici fréquemment par la politique des transports, adoptée par les divers États, qui accordent des rabais de distance, des tarifs spéciaux pour certains produits et certaines destinations. L'étendue du territoire belge est trop restreinte pour influencer sensiblement le prix des transports par voie ferrée, exception faite des zones immédiatement voisines de la frontière : l'Est français, le Grand Duché et l'Alsace-Lorraine.

Un exemple typique montrera combien une simple fic-

(1) Nous ne parlons pas du *roulage* au port par route ordinaire, qui n'entre presque plus en ligne de compte.

tion pourrait à un moment donné fausser toute l'économie de certains transports. Les fers allemands du bassin alsacien-lorrain sont en général exportés par Anvers ; l'État belge a tout spécialement réduit à leur intention le tarif base qui est pratiquement aujourd'hui de 17 millimes la tonne-kilomètre (1), de sorte que pour la distance de 304 km. Thionville-Anvers, les fers bruts et demi-façonnés paient M. 5.99, tandis que pour la distance Thionville-Coblenz ou Oberlahnstein (183 km.), ces mêmes fers paient sur la base du tarif régional M. 5.20. Pour les poutrelles, la différence est plus grande encore : Thionville-Anvers coûte M. 6.60, tandis que Thionville-Coblenz se paie M. 7.60. Or si, comme les industriels alsaciens le demandent, on accordait à leurs produits embarqués par le Rhin à Oberlahnstein le tarif de faveur de l'exportation, le prix de revient de la tonne serait de 30 Pf. meilleur marché pour Rotterdam que pour Anvers et un trafic de 500 000 tonnes annuellement, soit environ 9 % du trafic total de sortie, pourrait être détourné sur Rotterdam. Nous ne disons pas qu'il le serait.

Dans le même ordre d'idées, Essen devrait se pourvoir de ses denrées coloniales, tabac, etc., aux ports plus rapprochés d'Amsterdam et d'Anvers. Il n'en est rien, parce qu'il existe un tarif spécial d'après lequel le transport par chemin de fer Hambourg ou Bremen-Essen ne dépasse jamais le port Amsterdam-Anvers-Essen.

Le district de Bâle achète ses peaux, cotons, tabacs, cafés, etc. (au total environ 60 000 tonnes) à Hambourg, bien que la distance soit en faveur d'Anvers. La distance Nuremberg-Anvers est inférieure à la distance Nuremberg-Hambourg ; cependant les jouets, couleurs, crayons, etc., paient 40 Pf. de moins aux 100 kilos pour ce dernier port. On pourrait multiplier les exemples, mais ceux-ci suffisent à montrer que toute l'économie d'un port peut,

(1) Circulaire d'avril 1902.

à un moment donné, être faussée par des mesures protectrices. La question de l'hinterland est donc une question complexe : l'étendue de celui-ci n'a rien de fixe ; elle varie constamment, et il faudrait une attention continue et une vigilance de tous les instants pour parer aux effets de la politique particulière des États.

En ce qui concerne Anvers, la seule façon de réagir pour les districts éloignés n'est pas la détaxe du transport par chemin de fer, mais bien le *coût de la livraison en cale*.

Nous avons eu, par exemple, l'occasion de suivre de près un transport de 40 000 tonnes de machineries, grosses pièces et accessoires, poutrelles, tuyaux, etc., venant de Nuremberg et Augsburg. Le transport par chemin de fer Nuremberg-Anvers coûte 30 francs la tonne, Augsburg-Anvers fr. 34.62. L'avantage pour Hambourg était de fr. 6.80. Mais l'envoi comportait un certain nombre de grosses pièces allant jusque 40 tonnes. La marchandise devait être prise depuis wagon. Anvers enleva l'affaire en offrant un prix auquel Hambourg ne pouvait traiter, à cause de la cherté des manipulations. Pour rendre l'exemple plus frappant encore, ajoutons qu'une partie de cet ordre comprenant précisément une forte proportion de grosses pièces, fut transportée par des navires hambourgeois.

De par le fait donc des communications faciles et économiques et *par suite du bon marché des opérations de mise en cale*, Anvers a un hinterland étendu et dont les produits présentent une variété très grande. On peut dire qu'il n'existe pas un objet manufacturé au monde qui ne soit un fabricat de l'hinterland anversois.

Fret de mer. Comme pour le fret fluvial, l'armateur doit se préoccuper d'abord de la continuité de l'emploi de son navire et lui assurer des retours. Nous reviendrons sur ce point plus loin.

Mais il doit aussi assurer à l'exploitation de son navire un bon rendement, mettre en action, d'une manière aussi

complète que possible, toutes les ressources de son navire et combiner habilement les marchandises lourdes et légères qui peuvent lui donner du fret.

Un exemple permettra de saisir l'importance de cette question. Supposons un navire qui charge 1800 tonnes de mille kilogrammes et qui ait le choix entre un chargement de minerai cubant 20 pieds cubes à la tonne, un chargement de crin végétal cubant 130 pieds cubes à la tonne, ou une combinaison des deux marchandises. Le navire a une capacité de 80 000 pieds cubes, le fret net pour le minerai est de 8 francs, celui pour le crin végétal de 11 francs.

En prenant un chargement de minerai seul, le navire ferait un fret de 14 500 francs environ. En crin végétal, il ne pourrait charger que 610 tonnes — il est même douteux qu'il puisse les prendre, car il serait trop chargé dans le haut et fort peu stable — il ferait un fret de 6750 francs. En combinant, au contraire, les deux chargements, il serait possible de prendre 1400 tonnes de minerais et 400 tonnes de crin végétal représentant un fret total de 15 600 francs. Cette différence de fret accumulée pendant un an peut représenter jusque 4 °/₀ de la valeur du navire.

Si la combinaison ne pouvait se faire, pour atteindre le même fret total, il faudrait porter le taux pour le minerai à fr. 8.66 et celui pour le crin à 25 francs.

Dans une combinaison de marchandises lourdes et légères, l'une ne paie pas pour l'autre, mais elles se soutiennent et s'aident mutuellement à obtenir des conditions meilleures. C'est, en somme, la fable de l'aveugle et du paralytique.

Nous avons choisi un exemple simple, mais l'enseignement que l'on en peut tirer reste absolument le même, qu'il s'agisse d'une combinaison de minerai et de crin ou bien d'un chargement de rails, poutrelles, machineries, tissus, produits chimiques, autos, tuyaux de fonte, wagons

de chemin de fer, porcelaines et les mille et une marchandises qui s'exportent par Anvers.

Nous en avons du reste un exemple immédiat et probant sous les yeux. Rotterdam importe en moyenne 11 millions de tonnes de marchandises et n'en exporte que 5 millions de tonnes environ. Rotterdam jouit d'un quasi monopole à l'importation pour le Rhin et la Westphalie, et cependant les fers, rails et autres produits qui se transportent par eau et à meilleur compte pour Rotterdam de ces deux provinces passent par Anvers, uniquement, parce qu'il est possible d'y réaliser de meilleures combinaisons de fret et d'y obtenir des concessions impossibles à réaliser ailleurs. Nous ajouterons que des produits hollandais et rotterdamois même transitent par Anvers.

Les deux hinterlands de Rotterdam et d'Anvers chevauchent l'un sur l'autre. Le port d'Anvers n'a la prépondérance dans le bassin westphalien et rhénan que parce qu'il exporte en outre de nombreux produits provenant des autres districts de son hinterland, qui se prêtent à de multiples et profitables combinaisons de frets.

Il résulte donc de l'analyse à laquelle nous venons de nous livrer que l'étendue de l'hinterland du port d'Anvers n'est pas déterminée uniquement, ni même principalement, par les voies de communication nombreuses et variées qui en facilitent l'accès.

Le bon marché du coût de la mise en cale que l'on rencontre à Anvers et les combinaisons de frets multiples et variées que l'on peut y réaliser sont des éléments qui, en des cas fréquents, font pencher la balance en faveur de ce port, malgré d'autres circonstances qui lui sont défavorables.

De cet examen détaillé de la question de l'hinterland, on peut tirer deux conclusions pratiques.

D'abord, Anvers étend son action sur un territoire énorme, dont la Belgique ne constitue qu'une partie

modeste, tant au point de vue de la superficie que de la population. Les besoins des habitants de cet hinterland sont identiques et permettent, dès lors, des importations homogènes, qui se présentent en grandes quantités et de par leur nature se prêtent en général à des affrétements par chargements entiers, sur la base de chartes-parties.

Ensuite, il n'est pas possible pour Anvers de lutter avec les ports concurrents par la diminution artificielle du coût du transport continental, parce que les voies navigables et les voies ferrées échappent en majeure partie à son contrôle. Anvers doit donc compter avant tout sur ses avantages locaux ; il doit être le port le mieux outillé, le plus étendu et le meilleur marché.

Le trafic général du port d'Anvers — Statistiques
Les quantités de marchandises : insuffisance des sorties par rapport aux entrées — La nature des marchandises : classes différentes de navires qui les importent ou les exportent

Si l'on consulte les statistiques du mouvement des ports, on constate qu'Anvers est le second port du continent, suivant de très près et dépassant même parfois Hambourg. En 1903 (1), on relevait en effet 9 398 000 tonnes de tonnage net pour Anvers contre 9 618 000 tonnes pour Hambourg.

Cependant, ces chiffres ne correspondent pas absolument à la réalité.

Nous remarquerons d'abord qu'ils doivent subir, en ce qui concerne Anvers, une correction importante par suite

(1) Nous citons les chiffres de 1903, qui représente une année normale : ceux de *1904* ont été influencés par certaines circonstances exceptionnelles et ceux de 1905 par les aggravations du nouveau tarif douanier allemand et la grève de Rotterdam.

de ce fait que le nombre de tonneaux de jauge nette belge est plus élevé pour un même vapeur que le chiffre allemand ou anglais. Car, d'après les règles adoptées en Allemagne et en Angleterre, la réduction pour les soutes est fixée uniformément à 32 %, tandis qu'en Belgique on mesure exactement les soutes pour en déduire l'espace du tonnage brut.

Ensuite, envisageant la question d'une manière plus générale, on peut se demander s'il est exact de se fonder sur le tonneau de jauge nette pour mesurer l'importance du trafic d'un port. Il arrive souvent, en effet, à Anvers surtout qui est un port d'escale, qu'un navire compte dans les statistiques pour plusieurs milliers de tonnes nettes registres, alors qu'il n'est venu charger ou décharger que quelques centaines de tonnes de marchandises. Et, du reste, si le nombre de tonneaux de jauge nette doit servir de base d'appréciation, pourquoi n'est-il jamais parlé dans les statistiques de Ste-Croix de Ténériffe, par exemple, que son tonnage net classe immédiatement après Brême ?

D'autre part, prendre pour base des statistiques du mouvement d'un port la valeur des marchandises, est également erroné.

La valeur des marchandises est affaire de commerce et non affaire maritime. Si, demain, l'or et les diamants du Transvaal et de l'Orange passaient tous par le Cap, on pourrait dire que le Cap devient de ce chef un plus grand port de mer, alors qu'en réalité il ne faudrait même pas un navire de plus pour transporter le surcroît d'exportations.

C'est donc, à notre avis, d'après la quantité et la nature des marchandises manipulées et payant un fret de mer qu'il faut apprécier le mouvement d'un port et en opérer le classement par ordre d'importance.

Or, à ce point de vue, Anvers descend au troisième rang des ports continentaux avec un trafic qui a atteint

12 404 096 tonnes en 1903. La première place est prise par Rotterdam, par où passent annuellement 17 000 000 tonnes poids de marchandises et la seconde par Hambourg, qui en reçoit et expédie environ 15 000 000 de tonnes poids.

Ce total de 12 404 096 tonnes se décompose en : 6 898 477 tonnes à l'importation et 5 505 619 à l'exportation ; soit, pour le trafic à la sortie, un déficit de 1 393 000 tonnes.

Il faut donc constater une assez notable insuffisance des sorties, comparées au mouvement des entrées, et l'on pourrait conclure de ce fait, au point de vue du commerce maritime, à une situation très désavantageuse pour le port d'Anvers.

En effet, dans son exploitation, l'armateur se fonde surtout pour apprécier une affaire sur ce principe absolu qu'il doit employer continuellement son navire, de jour et de nuit, sans interruption, afin d'en retirer un bénéfice suffisant.

C'est cet emploi continu de son navire que l'armateur a principalement en vue dans tous ses calculs. Il ne dira pas : de X à Y, mon navire sera employé pendant autant de jours au transport de telle marchandise, donc le fret doit me rapporter autant de francs, mais il dira : si je vais de X à Y, je trouverai à ce dernier port un fret immédiat pour un port Z, d'où je pourrai partir à nouveau avec un chargement.

L'armateur établit donc son calcul du fret non pas sur la base d'un voyage simple, mais sur ce qu'il appelle un *round*, un voyage circulaire.

Supposons, par exemple, qu'un navire se trouve en Z et qu'il lui soit offert deux chargements de même nature pour le port A ou pour le port B, tous les deux équidistants de Z et équivalents sous tous les rapports (frais de port, rapidité du déchargement, etc...); supposons aussi que l'armateur ait la certitude de trouver un chargement

de sortie en A, tandis qu'il a la certitude égale de ne pas en trouver en B et d'être forcé de relever sur C. Il est évident que le fret Z-A ne peut être le même que le fret Z-B, parce que les frais du voyage de B à C, pendant lequel le navire ne rapporte rien, viennent grever le compte du voyage Z-B, et qu'aux frais de relève il faut ajouter encore une partie des frais de port en C où se prendra le chargement de sortie.

C'est par application de ces principes qu'on demandera 15/ par voilier pour l'Afrique du Sud, mais qu'on acceptera 13/ ou 14/ pour l'Australie, qui est cependant plus éloignée, uniquement parce qu'on peut y trouver immédiatement un chargement de retour, tandis que de l'Afrique du Sud, on sera obligé de relever en lest, soit sur l'Australie, soit sur l'Asie, pour trouver un nouveau chargement, au prix de doubles frais de port et du coût du ballastage.

De même, il est possible aujourd'hui (6 mars) de transporter du ciment d'Anvers à St-Jean-de-Terre-Neuve à raison de 8/, parce que le vapeur trouvera un retour assuré, à l'ouverture des ports de l'Amérique britannique.

C'est donc la question du fret de retour qui domine le marché des frets. Le fret demandé pour un port déterminé sera d'autant moins élevé, toutes choses égales d'ailleurs, que le navire sera assuré de trouver dans ce port un bon fret de retour.

Il est frappant de voir comment les deux frets s'équilibrent exactement. Il y a 6 mois, on payait de Cardiff à Buenos-Aires 7/6 pour le charbon, mais le grain s'affrétait à raison de 17/6 pour l'Angleterre ou le continent. Actuellement que les retours de La Plata ne paient plus que 13/ à 13/3, le charbon de Cardiff paie 12/9 à 13/.

En tenant compte de ces explications, dans le détail desquelles nous avons cru devoir entrer, on comprendra l'importance de la question que nous soulevions plus haut,

en constatant l'insuffisance des sorties du port d'Anvers par rapport aux entrées.

On peut se demander, en effet, si cette constatation ne révèle pas une situation désavantageuse pour Anvers, qui n'assurerait pas aux navires qui entrent dans son port un fret de retour suffisant, puisque les statistiques attestent un manquement notable aux sorties comparées aux entrées, manquement qui s'élève jusqu'à 23 %. Il en résulterait, d'après ce que nous avons dit plus haut, que le fret serait défavorable à Anvers, à cause de cette insuffisance des retours.

Nous répondrons à cela, d'abord que les ports concurrents du nôtre, et notamment Rotterdam et Hambourg, n'accusent pas une situation meilleure. Rotterdam reçoit 11 500 000 tonnes et n'en expédie que 5 500 000, et pour Hambourg la proportion est sensiblement la même.

Ensuite, l'insuffisance des sorties que la statistique accuse à Anvers, est plus apparente que réelle.

Ce que l'armateur prend surtout en considération, c'est la tonne *payante*. Supposons, par exemple, qu'un navire importe de Bilbao 2 tonnes de minerai de fer payant un fret net de fr. 5,50 la tonne. Ce minerai est transformé en une machine pesant 750 kgr., mesurant 2 mètres cubes et payant sur la base des tarifs actuels d'Anvers à Bilbao 22/ les 1000 kgr., soit donc 21,00 francs.

Dans ce cas, les statistiques montreront un déficit des exportations puisqu'il est entré 2000 kgr. et qu'il en est sorti 750 kgr. seulement. En réalité, il y aura égalité au point de vue du tonnage *employé*, mais pour l'armateur la sortie aura été plus avantageuse que l'entrée.

De plus, si nous analysons la statistique des exportations pour Anvers, nous voyons qu'un grand nombre de marchandises paient non au *poids*, mais au *cube*, sans qu'il soit possible d'en déterminer d'une façon exacte la proportion.

Or, les statistiques que nous examinons renseignent seu-

lement le *poids* des marchandises exportées ou importées. En appliquant certains coefficients fournis par la pratique, mais suffisamment exacts, on peut redresser les statistiques sur ce point.

Et l'on constate alors qu'il faut augmenter le total des tonnes payantes à la sortie de 1 080 000, représentant les marchandises payant *au cube* et le total des tonnes à l'entrée de 108 000 seulement.

On obtient ainsi :

A l'importation :	6 898 477 tonnes (poids)
	+ 108 000 tonnes (cube).
	7 006 477 tonnes.
A l'exportation :	5 505 619 tonnes (poids)
	+ 1 080 000 tonnes (cube).
	6 585 619 tonnes

ce qui réduit sensiblement l'écart entre les importations et les exportations.

Dans ce qui précède, nous avons considéré le trafic général du port d'Anvers au point de vue des *quantités* de marchandises qui y entrent ou qui en sortent. Nous avons maintenant à l'examiner au point de vue de la *nature* des marchandises, qui sont l'objet de ce trafic.

A cet égard, on peut distinguer, dans le mouvement général du port d'Anvers, tant à l'importation qu'à l'exportation, un triple courant de marchandises, d'après les classes différentes de navires qui les importent ou les exportent.

Dans une première catégorie, figurent, à l'*importation*, les marchandises qui, apportées par chargements entiers, font en général l'objet d'un affrétement par charte-partie et sont pour la plupart transportées par les *tramps* ou navires vagabonds, qui n'appartiennent pas à une ligne régulière de navigation.

On relève dans cette catégorie les natures suivantes de marchandises : (1)

	tonnes		tonnes
Froment	1 727 000	Phosphates	14 505
Seigle	59 000	Son	23 898
Orges et escourgeons	295 398	Minerais de fer	662 658
Avoine	75 816	Soufre	19 197
Maïs	485 991	Matières minérales non dénommées	928 821
Riz non pelé	50 986	Plomb non ouvré	60 867
Graines de lin	156 200	Résines et bitumes non dénommées	268 491
Graines d'arachides	16 482	Sucres bruts et raffinés	17 516
Bois de construction	458 685	Bois de teinture	33 165
Houille	224 688	Pâte de bois	74 600
Sel raffiné et brut	55 648		
Guano	18 723		

Total : 5 708 333 tonnes.

Ce premier groupe de marchandises importées en majorité par des *tramps* comprend donc près des 9/10 du total des importations du port.

Le second groupe est beaucoup moins important et comprend les marchandises qui sont presqu'exclusivement importées par des *navires réguliers*.

	tonnes		tonnes
Café	36 302	Produits chimiques non dénommés	73 144
Cacao	5 502	Huile de pétrole raffinée	162 558
Caoutchouc	7 865	Tabacs	15 598
Riz pelé	49 157	Teintures et couleurs non dénommées	41 330
Os et cornillons	15 331	Tissus	12 312
Matières animales non dénommées	14 018	Graines de colza et de navette	75 074
Chanvre	13 865	Graines d'œillette et de pavot	24 628
Coton	85 173	Graines de ricin	15 945
Laine	70 981	Graines de sésame	32 864
Fonte brute	52 067	Vins	17 597
Peaux brutes	39 149		

Total : 849 456 tonnes.

(1) Tous ces chiffres sont extraits du *Tableau général du commerce de la Belgique avec les pays etrangers. Année 1904.*

Pour l'*exportation* par mer, les chiffres qui attirent l'attention sont les suivants :

	tonnes		tonnes
Amidons et fécules non alimentaires	10 572	Fer ébauché	3 467
Bois ouvrés	66 621	Fer étiré	44 136
Bougies	5 026	Poutrelles	152 609
Conserves alimentaires	12 850	Rails	22 062
Cordages	6 518	Tôles	119 467
Eaux minérales	10 656	Fer battu, étiré ou laminé	470 750
Drogueries non dénomm.	13 091	Fer ouvré	152 276
Fils de coton, laine et lin	13 920	Plomb	28 674
Liquides alcooliques	12 112	Zinc	41 717
Machines mécaniques et outils	45 016	Meubles	3 866
Mécaniques, machines et outils en fer et fonte	53 687	Ciments	422 815
Merceries et quincaillerie	19 496	Papiers et cartons	43 798
Acier fondu	170 327	Faïences et porcelaines	17 487
Acier en barres, feuilles et fils	425 740	Produits chimiques	104 593
Acier non dénommé	56 317	Sucres	123 348
Cuivre battu, étiré et laminé	5 205	Tissus de coton	20 571
Fonte brute	42 037	Tissus de laine	3 506
Fonte ouvrée	30 589	Verreries communes	12 224
		Verreries ordinaires	28 408
		Glaces	32 189
		Verres à vitre	97 577

Total : 2.945.320 tonnes.

On remarquera que cette troisième catégorie, qui comprend les principales marchandises exportées par le port d'Anvers, se compose presqu'exclusivement de produits manufacturés.

Or, par opposition aux deux premières catégories intéressant l'importation, le transport de ces marchandises est opéré par des *navires affectés aux services réguliers*.

C'est là une organisation spéciale au port d'Anvers. Ce sont des courtiers maritimes qui sont à la tête de ce trafic. Ils ne sont pas eux-mêmes armateurs ou propriétaires de navires et ne disposent pas pour ces transports de lignes régulières de navigation. Mais ils font appel à des *tramps*, qu'ils affectent au service régulier et c'est en cela que le transport des marchandises de cette troisième

catégorie diffère du transport des marchandises de la première, qui est opéré presqu'en entier par des *tramps* ordinaires.

Nous donnerons plus loin l'explication de ce fait que nous nous bornons à constater ici.

Anvers, place et port d'importation

Dans le chapitre précédent, nous avons essayé de caractériser l'ensemble du mouvement du port d'Anvers, tant à l'importation qu'à l'exportation, et nous avons indiqué les quantités et les natures de marchandises qui alimentent ce mouvement.

Nous nous proposons maintenant de considérer séparément et d'une manière plus détaillée, dans ce chapitre-ci, l'importation, et dans le suivant le commerce d'exportation de la place d'Anvers. Après quoi, il ne nous restera plus qu'à étudier la fonction transitaire du port.

Les chiffres que nous avons donnés plus haut attestent l'importance d'Anvers comme port d'importation. Mais Anvers ne se contente pas de recevoir ces marchandises nombreuses et variées, il est aussi un grand marché de produits d'importation.

C'est le fait que nous voudrions mettre en valeur pour le moment.

Rappelons d'abord qu'Anvers ne pourvoit pas seulement aux besoins de la Belgique, mais encore aux besoins d'une partie des pays limitrophes.

La France, en règle générale, ne peut être comptée au nombre des clients de notre port. Cette clientèle lui échappe, par suite surtout de la surtaxe d'entrepôt qui peut atteindre 2 fr. 40 aux 100 kilogrammes et qui frappe les marchandises non importées directement par un port français..

Le principal client du port d'Anvers est l'Allemagne. Une lutte très âpre pour la prépondérance s'est engagée entre les ports de Brême, Hambourg, Rotterdam et Anvers. A l'heure actuelle, la situation respective des rivaux paraît être la suivante.

Anvers a la prépondérance dans la Westphalie et le pays rhénan pour toutes les marchandises que nous avons rangées plus haut dans la seconde classe des marchandises importées.

Rotterdam arrive bon premier pour l'importation de marchandises lourdes (minerais de fer, charbons, phosphates, etc...).

Amsterdam, Brême et Hambourg se disputent le reste du trafic, les ports allemands étant singulièrement favorisés par les tarifs de leurs chemins de fer.

Le principal commerce anversois est celui des grains et dérivés : graines oléagineuses, etc., etc. Anvers en fournit au pays entier, puis en exporte pour l'Allemagne principalement. De 1 726 000 tonnes de froment arrivées en 1903, 364 245 ont été réexportées, 235 000 prenant le chemin de l'Allemagne, 100 000 tonnes celui des Pays-Bas et 10 000 celui de la Suède. Des 60 000 tonnes de seigle, 12 000 vont à l'étranger.

Il est réexporté de même 15 000 tonnes d'escourgeons et d'orge, 38 000 tonnes d'avoine et 127 000 tonnes de maïs, l'Allemagne restant toujours le gros client.

Ce chiffre ne représente pas du reste le commerce total de grains fait par la place d'Anvers. Rotterdam, qui reçoit annuellement environ 5 millions de tonnes de grains et graines, est tributaire comme marché de la place d'Anvers. La majeure partie des grains et graines qui transitent par Rotterdam sont dirigés sur ce port par les importateurs anversois qui y débarquent de préférence les vapeurs affrétés de la Mer Noire et de l'Azof aux termes de la *Berth note* et les vapeurs de La Plata affrétés avec la clause du contrat 20 de Londres, parce que le décharge-

ment plus rapide à Rotterdam permet d'obtenir de meilleurs frets, et ensuite parce que, pour leurs ventes CIF (rendu destination), destination rhénane et suisse, ils y trouvent des allèges à meilleur compte.

Il est évident que cet énorme commerce a une influence sur les prix des céréales, car plus les quantités travaillées sontgrandes, plus la proportion des frais généraux diminue.

Pour les autres produits d'importation, le tableau suivant résume la situation.

	Importations	Réexportations
Minerais de fer	662 000	206 000
Minerais non dénommés	928 000	385 000
Soufre	19 000	10 000
Pétrole	162 000	15 000
Coton	83 000	31 000
Laines	70 000	24 000
Peaux	39 000	23 000
Tabacs	15 000	6 000
Bois de teinture	33 000	9 000
Arachides	16 000	10 000
Colza et navette	75 000	39 000
Graines de coton	7 000	4 000
Graines de lin	156 000	57 000
Œillette et pavot	24 000	12 000
Sésame	32 000	26 000
Vins	17 000	6 000
Café	36 000	9 000
Cacao	5 000	2 500
Caoutchouc	7 750	6 500

Dans cette liste figurent uniquement les produits qui ont pu faire, et qui, selon toute probabilité, auront fait l'objet d'une transaction commerciale sur la place d'Anvers.

Si l'on considère que 33 °/₀ des produits importés sont réexportés, on doit admettre que de ce chef uniquement

Anvers épargne à la Belgique 1/3 des frais généraux nécessaires à l'achat de ses matières premières. Si l'on tient compte en outre de toutes les marchandises *traitées* à Anvers mais dirigées sur les ports étrangers, comme c'est le cas pour les grains dont nous parlions plus haut, on arrive à un pourcentage plus élevé encore que les 33 %. Enfin, remarquons que ce commerce fait vivre plusieurs milliers de ménages.

Anvers, place et port d'exportation

Si maintenant nous considérons Anvers comme place d'exportation, nous avons à distinguer sous ce rapport un double point de vue : 1° l'exportation des capitaux ; 2° l'exportation des produits.

1. — Anvers est en effet un centre important d'exportation de capitaux, qui s'est constitué et développé comme un corollaire naturel du commerce intense d'importation que nous avons décrit précédemment.

D'importantes maisons d'importation anversoises, s'étant trouvées en relations suivies avec l'étranger, ont eu l'occasion d'étudier des placements rémunérateurs à opérer dans les pays d'outre-mer ; elles ont trouvé des hommes capables de diriger les entreprises créées à la suite de ces études, elles ont fourni des personnalités inspirant confiance aux prêteurs d'argent, et de la sorte s'est constitué au sein du port d'Anvers un véritable marché pour le placement de capitaux belges à l'étranger.

La nature même des principales marchandises importées par Anvers a déterminé la nature des placements opérés.

Ce sont, en effet, les produits de la terre et presque exclusivement des produits végétaux et animaux qui forment le gros des importations anversoises, et si l'on examine d'autre part le but que se proposent les sociétés

financières qui se sont constituées à Anvers, on remarquera qu'il s'agit surtout de sociétés agricoles, pastorales, hypothécaires, ayant pour base l'exploitation de biens-fonds.

Il semble naturel, par exemple, qu'un exportateur de peaux de La Plata demande à son meilleur acheteur d'Europe d'entreprendre l'élevage du bétail à compte commun. On comprend tout aussi facilement qu'un exportateur de céréales, en contact quotidien avec les propriétaires fonciers et au courant de leurs besoins d'argent, soit frappé des bénéfices que l'on pourrait faire en se substituant aux petits prêteurs usuriers, surtout si le régime hypothécaire est bien organisé.

De là à demander l'appui des établissements puissants avec lesquels il se trouve en rapports journaliers, il n'y a qu'un pas, et il semble qu'il ne faut pas chercher ailleurs les raisons pour lesquelles Anvers s'est spécialisée dans les opérations foncières plutôt que dans les opérations commerciales proprement dites, auxquelles il semblerait pourtant que dût la préparer son commerce d'exportation.

Mais ces opérations sur biens-fonds conservent toujours la préférence des capitalistes, par suite de la sûreté du gage qu'elles offrent ; elles ont trouvé spécialement chez les capitalistes belges une clientèle particulièrement bienveillante.

C'est ainsi qu'Anvers s'est intéressée à de grandes entreprises d'élevage, à des entreprises d'achats et de ventes de terrains pour près de 200 millions dans la République argentine, au Brésil, en Uruguay, au Paraguay.

Parmi les sociétés congolaises, les deux plus importantes sont d'origine anversoise.

Les banques que nous créons à l'étranger sont des banques hypothécaires, comme par exemple celles qui ont été fondées en Égypte.

Enfin, plus récemment, Anvers s'est intéressée à la

création et à l'exploitation de nombreuses entreprises de chemins de fer et de tramways, autant d'affaires qui impliquent une concession réelle et des garanties immobilières.

Or, si, comme nous l'avons dit, ces placements de capitaux à l'étranger, opérés par l'entremise de la place d'Anvers, peuvent être considérés comme un corollaire des importations du port, il faut constater d'autre part que ces exportations de capitaux favorisent à leur tour ces mêmes importations.

Car, créées par des importateurs, il est naturel que ces entreprises favorisent surtout l'importation. Ensuite, les entreprises foncières, comme par exemple les banques hypothécaires égyptiennes, doivent payer leurs intérêts en Europe. Si donc le pays débiteur ne veut pas toucher à sa réserve d'or, il doit se créer des créances là où il doit payer sa dette, en y vendant des produits. C'est donc encore une fois l'importation qui se trouve favorisée.

Les deux termes : importation de marchandises et exportation de capitaux se commandent l'un l'autre, ils se fécondent mutuellement pour donner une importance croissante aux importations.

On peut se demander enfin, si les exportations de capitaux entendues de la manière que nous venons de décrire sont avantageuses pour le pays ?

Nous ne le croyons pas. Une somme déterminée, 30 ou 50 millions par exemple, prêtée pour trente ans avec des garanties immobilières, ne fait pas vivre un seul de nos travailleurs. Cette même somme employée à la construction d'un tramway procurera, il est vrai, d'importantes commandes à l'industrie nationale, mais il faudra attendre dix ou quinze ans avant de recevoir de nouveaux ordres pour le renouvellement du matériel.

Au contraire, la même somme employée en affaires commerciales, en supposant que le crédit moyen demandé par les négociants d'outre-mer soit de 12 mois, permettrait de faire au moins pour une somme égale d'affaires

par an. Or, la Belgique vit de son travail et plus l'argent qu'elle exporte fournira de travail à ses travailleurs — ce mot pris dans son acception la plus large — meilleur sera l'emploi de cet argent.

On pourrait objecter, peut-être, que le courant d'importations que les opérations financières anversoises suscitent et développent constitue une rémunération suffisante. Mais il ne faut pas oublier que finalement les produits se paient par les produits et que le mouvement d'importation se créerait également, si, au lieu de nous mettre en contact direct avec les producteurs, en les soutenant de notre argent, nous nous étions unis avec eux, indirectement, par le commerce.

2. — Des différents ports belges, Anvers est le seul qui entretienne des relations d'exportation avec l'étranger. Nous avons donné plus haut le détail de ce commerce d'exportation et nous ajoutions, que, par opposition à l'importation, qui s'effectue au moyen de *tramps* et de vapeurs appartenant *à des lignes régulières*, l'exportation, qui est alimentée presqu'exclusivement par des produits manufacturés, s'effectue par des *navires affectés aux services réguliers*.

Le moment est venu de donner l'explication de ce fait.

Nous avons dit que les importations par *tramps* ou navires vagabonds dépassent de loin (9/10) les importations de marchandises qui nous arrivent par les lignes régulières (1/10). Néanmoins, il ne sort annuellement en lest que 18 °/₀ environ du total des navires entrés. Il faut donc admettre que les autres navires trouvent à s'employer dans un trafic régulier. Tel est en effet le cas.

Anvers est par excellence le port où se créent le plus de lignes soi-disant régulières. Son hinterland très dense, très étendu, offre des ressources immenses. C'est là un fait que le courtier anversois sait mieux que personne. Si donc il s'offre au marché une partie importante de mar-

chandises, quelques milliers de tonnes, pour un pays avec lequel Anvers a des relations suivies, le courtier anversois n'hésite pas à enlever le lot en spéculation et à en entreprendre le transport à des conditions exceptionnelles de bon marché, bien qu'il ne possède pas un seul navire.

Son contrat lui laisse toujours certaine latitude quant aux dates d'expédition, et il est donc tranquille sous ce rapport.

Avec le lot de marchandises dont il dispose, il est certain de pouvoir, au pis aller, expédier un navire, auquel il ne manque par exemple que 25 °/₀ de son chargement, sans faire trop de pertes. Le courtier commence alors la campagne annonçant un nouveau service régulier, avec une date de départ correspondant approximativement à celle qui lui est imposée par son contrat de base. Il réunit toutes les marchandises qu'il peut trouver au meilleur prix que la concurrence lui permet d'obtenir, et une fois le moment venu d'expédier son navire, il puise dans le tonnage disponible, toujours abondant, le tonnage qui lui est nécessaire, en affrétant un navire.

Or, ce courtier a deux avantages sur la ligne régulière. En premier lieu, il ne partira jamais qu'avec un navire plein ou presque plein, puisqu'il n'est pas obligé de partir à date fixe et qu'ensuite, pouvant choisir son navire, il le prendra, autant que possible, juste assez grand pour ses marchandises. La ligne régulière au contraire doit éventuellement partir avec un vide considérable et ne peut jamais changer le tonnage du navire qu'elle expédiera, son choix se restreignant forcément aux navires qu'elle possède.

On comprend donc facilement que le courtier spécule avec de grandes chances de succès, puisque au départ il n'expédie jamais que des navires avec un maximum de rendement. Ceci se traduit par des frets inférieurs à ceux des lignes régulières, du chef de la sortie seulement. Mais il faut encore tenir compte d'un autre élément : le retour.

Un navire d'une ligne régulière doit revenir, au bout d'un temps assez court, au port de départ. Il est donc très limité dans le choix de ses retours et obligé d'accepter tel chargement qui se présente et qui varie nécessairement avec la saison, puisqu'il s'agit en général de produits du sol. Un navire affrété au contraire n'a d'obligations d'aucune sorte. Il peut repartir avec un chargement pour une destination absolument différente du port d'où il vient. Le courtier anversois ne se préoccupe même pas du retour, mais l'armateur ayant la plus grande latitude dans le choix de la destination ultérieure de son navire, est amené par l'effet de la concurrence à donner à l'affréteur, à la sortie, le bénéfice presque complet du meilleur retour qu'il a la faculté de prendre.

Sous tous les rapports donc le courtier anversois est dans une situation meilleure que la ligne régulière. Or, par l'effet de la concurrence, c'est finalement le commerçant qui profite de la lutte. Il est certain cependant que ces *services réguliers* présentent certains aléas. Ils n'offrent pas, quant à la régularité des départs, les mêmes garanties que les *lignes régulières*. Ceci peut présenter pour le fabricant une perte parfois sensible. Le fabricant fait l'avance du salaire, des matières premières, il use ses machines et il n'est payé que contre remise des documents d'embarquement. Plus vite donc il est payé, mieux cela vaudra pour lui. Or, il arrive qu'il doive attendre ses connaissements tout un mois et perdre l'intérêt de son argent pendant ce laps de temps. Donc le fabricant prudent s'assure contre ces retards éventuels en exigeant un avantage suffisant sur le fret. En fin de compte, on peut cependant dire que le solde est en faveur des exportateurs.

Enfin, il importe de faire remarquer que ces services réguliers, de par la concurrence qu'ils créent, limitent et mettent, dans une certaine mesure, un frein aux exigences des syndicats. On connaît le fonctionnement de ces syndicats ou conférences. Un certain nombre de lignes englo-

bant les ports les plus importants pour un rayon déterminé, se groupent et annoncent que dorénavant elles n'accepteront plus les marchandises qu'à certains frets spécifiés avec un *chapeau* de 10 °/₀. Si pendant un certain laps de temps, ordinairement 18 mois, le chargeur n'expédie aucune marchandise par les navires concurrents, il lui sera ristourné les 10 °/₀ de *chapeau* payés pendant les douze premiers mois. On continue de la sorte d'année en année, en s'arrangeant toujours de façon à conserver, comme gage de fidélité, 10 °/₀ des frets payés pendant les six derniers mois. Le chargeur est donc livré pieds et poings liés à la conférence qui peut, si le cœur lui en dit, le faire passer par toutes ses exigences. Mais, dans un port comme Anvers, un seul embarquement par un *outsider* peut produire un bénéfice plus considérable que la perte des 10 °/₀ de chapeau. Ensuite les courtiers anversois, qui sont peut-être les plus avisés du continent, parce qu'ils sont élevés à une rude école, savent prendre les mesures nécessaires pour mettre leurs chargeurs occasionnels à l'abri des désagréments.

Donc, sous tous les rapports, Anvers, de par la nature de son trafic à l'entrée et à la sortie, offre de nombreux avantages aux exportateurs. Mais une question toute naturelle se pose : la Belgique en profite-t-elle directement ?

La réponse doit être négative, malheureusement. Le pays, en général, ne retire de cette situation qu'un bénéfice indirect, pour la raison péremptoire que neuf fois sur dix l'exportateur est un étranger.

La Belgique n'exporte directement qu'une infime quantité de ses produits. Ce sont les Anglais et les Allemands qui sont les maîtres de l'exportation de nos produits : nous nous contentons de les leur vendre FOB *(free on board)*.

On a signalé bien des fois cette situation et ce n'est pas le moment d'en rechercher ici les origines, les causes et les remèdes.

Cependant, si le pays ne profite pas directement de ces frets réduits que la concurrence anversoise offre aux exportateurs, il en profite indirectement. En effet, si le coût de la livraison FOB détermine le port par lequel le fabricant expédiera, l'exportateur achètera là où il pourra combiner le meilleur prix CIF, c'est-à-dire rendu à destination. Il se peut donc que parfois la balance penche, grâce à la réduction de fret, en faveur des produits belges. Qu'il soit cependant permis de remarquer que jamais ces frets ne favoriseront exclusivement les produits nationaux. Ces avantages s'appliqueront aussi bien aux produits allemands et aux produits français qui passent par Anvers.

La fonction transitaire du port

Dans l'étude de l'*hinterland*, nous avons montré combien la Belgique est petite, comparée à l'énorme arrière pays desservi par son grand port. Il existe donc dans le trafic général de celui-ci une large part réservée au transit. Quelle est cette part ?

Il est bien difficile de donner à ce sujet des chiffres exacts.

On peut négliger tout d'abord les quantités de marchandises étrangères qui transitent par Gand et par Ostende. Or, le transit de sortie par mer, pour la Belgique entière, représente d'après les statistiques officielles 2 830 000 tonnes. Le trafic total de sortie du port d'Anvers étant de 5 1/2 millions de tonnes, la part du transit serait donc de 51 °/₀.

Cependant, ce chiffre est manifestement inférieur à la réalité. Car, pour éviter les formalités douanières, il est avéré que beaucoup de marchandises libres de droits à l'entrée sont généralement déclarées en consommation,

même quand elles sont destinées au transit. Les statistiques sont donc faussées de ce chef et l'on ne peut admettre ce chiffre de 51 % que sous bénéfice d'inventaire.

Les mêmes statistiques renseignent également qu'il est arrivé à Anvers par terre et par rivière 3 505 000 tonnes de marchandises de l'étranger. Ceci représenterait environ 68 % du total des marchandises exportées d'Anvers. Mais, ici encore, on pourrait objecter avec raison, qu'une partie de ces marchandises n'est pas réexportée, mais consommée sur place.

Enfin, on pourrait aussi additionner les tonnages des marchandises transitant par la Belgique et qui, presque certainement, ont passé par Anvers, en destination des Indes Anglaises, par exemple, ou d'autres pays d'outre-mer, et y ajouter 50 % du trafic par fer d'Anvers, c'est-à-dire la proportion générale du transit dans l'ensemble des transports par voie ferrée en Belgique.

On arriverait ainsi à trouver que 61 % du trafic anversois provient du transit. D'ailleurs ce chiffre est également faussé par des nationalisations de marchandises destinées au transit, mais libres à l'entrée.

De ces considérations, nous concluons que la part du transit dans le trafic général du port d'Anvers est au minimum de 51 % et au maximum de 68 %. On peut donc dire que pour une tonne de marchandise belge expédiée d'Anvers, on en embarque environ 1 1/2 de provenance étrangère.

Or, cette question du transit joue un rôle considérable dans l'économie du port d'Anvers et par suite dans notre économie nationale.

Nous avons vu comment l'hinterland étendu et les nombreuses ressources qu'il offre permettent aux courtiers anversois de combiner les chargements et d'offrir des frets avantageux aux exportateurs.

Nous avons vu également comment les frets de sortie avaient une répercussion sur les frets d'entrée.

Il est un troisième élément, dont nous n'avons pas encore parlé : c'est l'*influence sur le fret de la rapidité avec laquelle les marchandises peuvent être livrées au navire, c'est-à-dire le despatch.*

S'il s'agit de produits agricoles, ceux-ci, étant récoltés chaque saison, les quantités mises à la disposition pour embarquement dépassent ce que les navires peuvent recevoir.

S'il faut embarquer des minerais, il est souvent possible de proportionner les extractions aux enlèvements. On peut fréquemment aussi augmenter la production par une augmentation de main-d'œuvre.

Pour les produits industriels, au contraire, la capacité de production journalière est strictement limitée par le rendement de l'outillage mécanique et il se pourrait qu'il soit impossible de livrer aussi vite que les vapeurs peuvent charger. Le navire pourrait donc être forcé d'attendre : or, chaque jour perdu intervient dans le calcul du taux du fret.

Un exemple fixera les idées.

Anvers reçoit chaque jour 16 navires en moyenne. Or, l'industrie belge produit annuellement 1 350 000 tonnes de fonte. Nous en importons 350 000 tonnes.

En supposant que ces 16 navires ne prennent que du fer et que le pays ne réclame pas un kilogramme des fers finis provenant de cette production, on ne pourrait livrer que 5666 tonnes par jour, soit environ 350 tonnes par navire et par jour.

Or, le navire peut recevoir et arrimer facilement 700 tonnes par jour. Un navire de 3500 tonnes laissé à la seule industrie belge ne pourrait recevoir, par conséquent, son chargement qu'en 10 jours. Et comme il pourrait, à raison de 700 tonnes par jour, terminer son chargement en 5 jours, il perd 5 jours, soit, pour un voyage de 50 jours, une augmentation de 11 % à porter au compte du fret.

Si, au contraire, on fait intervenir l'industrie lorraine avec ses 4 millions de tonnes produites annuellement, l'industrie westphalienne, avec une production annuelle de 5 millions de tonnes, on voit que l'on pourrait livrer à raison de 2225 tonnes par jour, donc 3 fois autant que le navire peut recevoir.

Ceci n'a que la valeur d'un exemple, mais on pourrait généraliser. Il en résulte que la densité industrielle de l'hinterland a une influence parfois considérable sur le taux du fret.

Il est évident qu'il est excessivement rare qu'un navire attende son chargement, mais l'usage du port et les moyens de manutention s'adaptent naturellement à ce qui peut être reçu des fournisseurs, et cette question du *despatch* se traduit par une différence de shellings et de pence dans les frets.

Enfin il est un quatrième élément qui a une action directe sur la réduction des frets : c'est le *tonnage des navires*.

Plus le tonnage augmente, plus les frais sont réduits et plus les frets sont bas.

Ainsi un vapeur de 2000 tonnes ne peut naviguer avec un équipage de moins de 19 hommes. Un navire de 4000 tonnes sera largement pourvu avec 27 hommes, état-major compris.

Ensuite, les dépenses du chef de salaire et de ravitaillement ne seront aucunement dans le rapport de 27 à 19, comme on pourrait le croire. L'état-major restera sensiblement le même pour le vapeur de 4000 tonnes que pour le vapeur de 2000 tonnes. On embarquera un, peut-être deux officiers et un mécanicien en plus, et le surplus de la différence entre les deux équipages sera constitué principalement par des chauffeurs et quelques matelots. Ceux-ci naturellement touchent des indemnités de vivre et des salaires inférieurs à ceux des officiers. On voit donc qu'il en résulte une différence sensible.

D'autre part également, le coût de la tonne-mille est de beaucoup inférieur pour un grand navire.

Un navire de 6250 tonnes consomme, par exemple, 21 tonnes de charbon pour une vitesse de 9 milles à l'heure. Un navire de 2050 tonnes consommera, pour atteindre la même vitesse, environ 9 tonnes de charbon par jour. On voit donc que, tandis que les tonnages sont dans le rapport de 3 à 1, les consommations de charbon ne sont que dans le rapport de 2 1/3 à 1, montrant une économie brute de 2/9. Et cet avantage s'accentue encore avec la distance à parcourir. Si, pour prendre un exemple concret, on suppose que les navires ont à parcourir 8000 milles marins sans charbonner, on constatera que, dans la pratique, le navire de 6250 tonnes devra emporter des soutes pour 40 jours, soit donc 850 tonnes. Il n'immobilisera que 14 °/₀ environ de son tonnage à transporter des charbons qui ne paient pas de fret. Le navire de 2050 tonnes, au contraire, devra emporter 360 tonnes et laissera donc improductives 18 °/₀ environ de sa capacité de transport.

Dès lors, un transport effectué par un navire de 6000 tonnes reviendra, toutes choses égales, à environ 1/3 meilleur marché que le transport effectué par un navire de 2000 tonnes.

Enfin, et quelque paradoxale que la chose puisse paraître, il est incomparablement plus facile de transporter de grandes quantités de marchandises vers certains ports d'un accès difficile, par de grands navires que par des navires de tonnage moindre.

En effet, la difficulté principale que les navires ont à surmonter est le faible tirant d'eau auquel ils sont limités.

Or, un navire de 2000 tonnes tire généralement 18 pieds environ. Un navire moderne de 6250 tonnes ne dépassera guère 23 pieds.

Si nous supposons maintenant deux navires, un de 2000 et l'autre de 6000 tonnes devant la barre de Forcados, par

exemple, qui n'a pas plus de 18 pieds, le premier navire entrera avec 2000 tonnes maximum.

Le second navire portera au minimum 4000 tonnes sur 18 pieds et entrera donc avec un cargo double.

Par conséquent, en combinant tous les éléments : variétés de produits, rapidité des opérations et quantités des marchandises permettant l'emploi de gros vapeurs économiques, on voit que le transit par Anvers a, sur les prix du fret, une influence directe dont le pays profite *indirectement*.

A ce seul titre, il importerait de favoriser de toutes nos forces le passage des marchandises par notre port.

Mais ce n'est pas là l'unique côté de la question ; il y a aussi un bénéfice *direct* et palpable pour notre industrie résultant du fait que plus les marchandises sont abondantes, plus les départs sont possibles et fréquents.

1° Envisageons le premier point, qui se rattache très étroitement du reste à ce que nous avons dit plus haut au sujet de l'économie des transports par les gros navires.

Un départ n'est possible d'un port que du moment où il se présente une quantité de marchandises telle que le transporteur ne se trouve pas en état d'infériorité manifeste vis-à-vis d'un port voisin d'où s'exportent généralement de plus fortes quantités de marchandises.

Pour fixer les idées, prenons un exemple.

Anvers exporte en moyenne un millier de tonnes mensuellement pour la Nouvelle-Zélande ; il semblerait donc que des départs directs seraient possibles.

Mais de Londres on expédie trois fois par mois des navires de 7000 tonnes environ. Dans ces conditions, il est plus économique de transborder les marchandises d'Anvers à Londres.

Or, le fret d'Anvers à Londres tombe à la charge du fabricant belge puisqu'il a à lutter contre ses concurrents anglais qui n'ont pas à payer ces frais.

Si donc à un moment donné les marchandises transitant

par Anvers étaient détournées vers un port voisin, Rotterdam par exemple, il est indubitable que beaucoup de nos marchandises nationales suivraient le même chemin, ne fût-ce que par suite de l'économie de fret qui en résulterait pour l'exportateur. Mais les frais de transport supplémentaires d'Anvers à Rotterdam tomberaient à la charge de nos fabricants.

Un autre élément viendrait encore accentuer le mouvement : en règle générale le fabricant n'exporte pas, cette fonction est laissée à l'exportateur. Celui-ci ne tire pas ses produits d'un seul pays ni d'un seul fabricant. D'autre part, il a intérêt à présenter au transporteur des lots de marchandises aussi importants que possible, puisque de cette façon il peut peser sur les frets et obtenir de bien meilleures conditions. Si donc le centre du transit se déplaçait, il est certain que beaucoup de produits belges seraient entraînés par le fait qu'ils font partie de lots qu'il est dans l'intérêt de l'exportateur de ne pas scinder. Encore une fois, les frais de transport supplémentaires retomberaient directement ou indirectement à la charge de l'industrie nationale.

2° Il est incontestable que plus la quantité des marchandises manipulée par un port est considérable, plus les départs sont fréquents.

En règle générale, le fabricant est payé contre présentation des documents d'embarquement. Donc, plus les départs seront rapprochés, plus il aura de chances d'expédier sa marchandise, de recevoir les connaissements et de rentrer dans ses fonds.

La fréquence des départs épargne par conséquent à la nation en général un certain nombre de jours d'intérêt sur tous les produits qui passent par Anvers.

Cet intérêt ne doit pas se calculer sur le bénéfice net moyen ou l'intérêt généralement payé aux capitaux, mais bien sur un chiffre beaucoup plus considérable, et ceci pour deux raisons.

La première est que le crédit généralement accordé ne dépasse pas trois mois ; si donc un fabricant fait un bénéfice net de 5 °/₀ sur une expédition, ce bénéfice se renouvelle quatre fois par an et le gain est par conséquent de 20 °/₀.

Ensuite, parce que le fabricant qui emploie les capitaux dans son industrie doit leur faire payer d'abord son activité personnelle, ses connaissances, ses employés de toute classe et les risques qu'il encourt. Il remploiera donc ses fonds non pas au taux que lui paiera son banquier, mais au taux qu'il obtient en les fécondant par son travail.

On peut ainsi fixer à un chiffre moyen de 15 à 20 °/₀ l'intérêt annuel brut que rapporte l'argent employé dans l'industrie.

Pour apprécier maintenant le bénéfice réalisé par la nation grâce à des départs plus fréquents, supposons un instant que l'hinterland étranger d'Anvers vienne à disparaître.

Comme il est impossible de modifier du jour au lendemain le matériel naval qui doit servir au transport des marchandises, nous devrons logiquement admettre que le tonnage des navires ne changera pas et qu'il leur faudra un minimum de chargement à chaque escale à Anvers, égal à celui qu'ils viennent y prendre actuellement.

Or, comme les marchandises se présenteront en moindre quantité, il sera nécessaire d'espacer les départs.

Pour fixer les idées, supposons que le commerce d'exportation — transit et national — passant par Anvers pour les États-Unis soit de 560 000 tonnes pour un an. Ces marchandises sont enlevées par 260 navires. Chaque navire enlève donc 3165 tonnes. Or, les transports de marchandises nationalisées représentent un tonnage de 397 000. Il ne pourrait dès lors y avoir que 160 départs par an, donc un départ tous les 2,4 jours en moyenne au lieu de tous les 1,4 jours comme c'est le cas actuellement.

Il en résulterait par conséquent un retard moyen de

1 jour sur l'ensemble des expéditions des produits nationaux et nationalisés.

Or, leur valeur est de 94 000 000 francs, et l'intérêt sur cette somme représente environ 53 000 francs.

Mais on comprendra facilement l'invraisemblance de la supposition qui a servi de base à ce calcul. Il est impossible que du jour au lendemain l'hinterland étranger disparaisse. Ce qui peut arriver, c'est que l'exportation soit détournée vers un port concurrent d'Anvers. Dans ce cas, nos propres produits, d'après ce que nous avons dit plus haut, suivraient le même chemin et le résultat serait tout aussi désastreux, puisqu'il faudrait en premier lieu payer un plus long transport par terre, et que le fabricant attendrait plus longtemps avant de rentrer en possession son argent.

Il est impossible de calculer même approximativement le dommage que nous subirions, mais il est presque certain que nous nous trouverions pour bien des produits dans une situation manifestement inférieure à celle de nos concurrents allemands : nous nous verrions forcément évincés pour beaucoup de marchandises.

Observons aussi que pour détourner ce trafic de transit, il ne faut pas que tous les produits soient entraînés vers un même port. Il suffit qu'une partie, soit le fret lourd, soit le fret léger, prenne le chemin d'un port concurrent.

Nous avons vu, par exemple, que, bien qu'à l'importation Rotterdam détienne le record et soit plus avantageusement situé qu'Anvers pour tout le bassin du Rhin et de la Ruhr, l'exportation de ces provinces passe en grande majorité par notre port, uniquement par suite des meilleures combinaisons de fret que l'on peut y réaliser. Si donc à un moment donné l'équilibre venait à être rompu, si, par suite de meilleures voies d'accès avec l'hinterland, par suite de tarifs de faveur, par suite aussi de meilleures conditions intérieures, les produits pouvaient être livrés FOB à meilleur compte à un autre port, et si les navires certains d'y trouver soit une expédition plus

rapide soit de meilleurs frets consentaient à une réduction, nous verrions petit à petit les marchandises prendre le chemin du port concurrent, d'abord en petites parties ; puis, une marchandise entraînant l'autre, les expéditions feraient boule de neige, s'augmenteraient, s'accroîtraient sans cesse, et finiraient par entraîner dans leur courant nos propres marchandises au grand dam d'Anvers, du demi-million d'habitants de notre métropole commerciale et de la nation en général.

Si demain les fers et les aciers des provinces du Rhin et de la Lorraine étaient détournés sur Rotterdam, qui nous dit qu'une partie de nos fers ne serait pas obligée de suivre le même chemin ? Ce transport supplémentaire coûterait au moins 1 sh. à la tonne et il ne resterait d'autre alternative à nos fabricants que de refuser les ordres ou, si c'était possible, de diminuer la rémunération du capital, l'amortissement de leurs installations et le salaire des ouvriers.

Qui nous dit que ce mouvement n'a pas commencé déjà ?

Rotterdam exporte annuellement 500 000 tonnes de charbon qui n'eussent jamais pris ce chemin si nous y avions pris garde.

Rotterdam étend de plus en plus son influence, Rotterdam est déjà un port plus important qu'Anvers. Au point de vue des relations par eau avec l'hinterland, il est mieux situé que nous ne le sommes. Tout comme nous, il se trouve au nœud du réseau fluvial central européen. Anvers n'a d'avantage sur lui que parce qu'il est le centre du réseau ferré et qu'il est appuyé par l'industrie belge. Mais qu'un jour la Hollande soit entraînée dans l'orbite du *Zollverein*, qu'obéissant à des préoccupations pangermanistes, l'État allemand favorise Rotterdam par ses tarifs de faveur et par toute l'admirable méthode qui préside à son organisation économique, ce jour-là il est à craindre que nos produits mêmes ne soient entraînés et qu'Anvers ne descende au rang d'un port local.

Deux mots de conclusion s'imposent.

Nous avons vu qu'Anvers s'appuie sur un hinterland étendu, riche et commerçant, avec des besoins sans cesse croissants. Sous ce rapport il est le premier port du monde.

Anvers n'a pas d'influence directe sur les voies de communication avec cet hinterland, parce que le territoire belge n'est pas assez étendu.

Anvers doit donc manipuler les marchandises à meilleur compte que ses concurrents, Anvers doit attirer les navires. Il doit renfermer tous ses avantages en lui-même, et c'est pour cette raison qu'il doit être ou devenir le port le mieux outillé, le plus facile et le moins cher de tous ses concurrents.

La prospérité d'Anvers réagit sur l'économie nationale entière ; directement ou indirectement le pays retire un bénéfice de chaque opération d'importation, d'exportation et de transit. La question d'Anvers est donc une question nationale.

ERNEST DUBOIS. MARCEL THEUNISSEN.

VII

LES PORTS ET LA VIE ÉCONOMIQUE EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE

Vous avez pensé que dans l'ensemble de communications présentées à votre congrès, il était nécessaire de réserver une place à la France et à l'Allemagne. Je suis très touché de l'honneur que vous m'avez fait en me priant de vous entretenir quelques instants de ces deux pays dont j'ai en effet étudié à plusieurs reprises l'activité économique et le mouvement maritime.

Ce n'est pas un examen complet que je puis songer à entreprendre ici. C'est surtout à une comparaison entre les situations respectives des ports de ces deux nations que je dois m'attacher. Si cette comparaison n'est pas, hélas, très satisfaisante pour mon amour-propre de Français, elle est du moins féconde en enseignements utiles pour tous ceux qui veulent se rendre un compte exact du rôle que les grands ports jouent actuellement dans la vie économique de l'humanité.

L'une des premières réflexions qui se présentent à l'esprit est suggérée par une considération d'ordre géographique, dont il convient de dire d'abord quelques mots. Vous savez qu'on attachait autrefois une grande importance aux ports « naturels ». Le mot *port* évoquait principalement l'idée d'une excavation qui était l'œuvre de la nature et offrait aux navires une station abritée contre les vents et les tempêtes. La main de l'homme se bornait à quelques travaux d'amélioration. Marseille, Toulon, Monaco, Nice, Constantinople avec sa célèbre Corne d'or, étaient regardés comme les plus beaux ports du monde. Mais l'observation prouve que les ports qui actuellement

se développent le plus sont ceux qui se trouvent sur l'estuaire d'un fleuve accessible à des navires d'un fort tonnage ; c'est le cas pour Londres, Anvers, Rotterdam, Hambourg, Stettin. Les ports situés sur les estuaires permettent plus aisément l'établissement de quais d'une longueur indéfinie et celui de voies ferrées qui facilitent le chargement et le déchargement des marchandises. Ils permettent plus aisément la création des magasins, des hangars, des docks indispensables. L'évolution de ces immenses navires, dont les dimensions s'accroissent sans cesse, y est plus facile. De plus, ils sont presque toujours la tête de ligne d'un réseau de navigation intérieure qui leur permet de recevoir commodément ce qui est la condition primordiale de la prospérité d'un port : le fret.

Nous verrons bientôt quelle est l'importance de cette observation générale lorsqu'il s'agira de comparer le développement des principaux ports de la France et de l'Allemagne, car en Allemagne les ports naturels n'existent pas et ce pays, par sa position géographique en Europe, semblait prédestiné à demeurer surtout un état terrien, continental et militaire.

C'est de la France, dont les traditions maritimes sont plus anciennes que celles de l'Allemagne, que je parlerai tout d'abord.

Lorsqu'on se reporte aux documents officiels, notamment au *Tableau général du commerce et de la navigation* publié chaque année par les soins du gouvernement, lorsqu'on consulte les rapports des chambres de commerce, les publications du comité des armateurs de France et des grandes compagnies de navigation, on constate d'abord que des efforts considérables ont été faits dans notre pays pour améliorer la situation des ports et accroître leur activité ; on doit même remarquer, avec satisfaction, que la plupart de ces efforts sont dus à l'initiative privée. Nos gouvernements, qui ont tant de peine à équilibrer nos

énormes budgets, se montrent plutôt parcimonieux pour ce qui est des travaux publics et de l'aménagement des ports.

Les améliorations dont je vais vous dire quelques mots ont été principalement le résultat du concours généreux des industriels, des commerçants, des simples particuliers. L'outillage d'exploitation a été en somme perfectionné, à tel point qu'il ne fait pas mauvaise figure à côté de l'outillage des ports étrangers les plus importants. Grues et cabestans, vannes et portes, écluses, machines hydrauliques de toutes sortes, prouvent l'intelligence et la science de nos ingénieurs et de nos constructeurs. Et pourtant l'activité des ports français, en dépit de ces louables efforts, n'est en rapport ni avec la peine qu'on s'est donnée, ni avec les dépenses auxquelles on a consenti.

Quelques brèves indications sur les ports principaux de la mer du Nord et de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée sont ici nécessaires.

Voici d'abord trois ports, Dunkerque, Calais, Boulogne, pour lesquels on a fait de grands sacrifices.

A Dunkerque on n'a pas dépensé depuis 1821 moins de 50 millions. Les nouveaux bassins (bassins Freycinet) sont parfaitement aménagés et entourés de voies ferrées dont le développement, non compris celui de la gare maritime, dépasse 35 kilomètres. Les engins de radoub et ceux de manutention sont remarquables, les services administratifs sont luxueusement installés.

Dunkerque bénéficie également de cette concentration industrielle et commerciale qui n'est nulle part en France aussi accentuée que dans le département du Nord, et lui procure un *hinterland* dont elle a tiré parti. C'est, je crois, de tous nos ports français celui dont le développement est en somme le plus satisfaisant.

A Calais on a creusé à grands frais de nouveaux bassins. Vous connaissez probablement le magnifique bassin Carnot. On vient de construire un nouvel avant-port

dont les quais sont fondés sur des puits descendus dans le fond sableux par un procédé spécial fort ingénieux d'injection d'eau et d'aspiration du sable.

A Boulogne on a créé une digue en eau profonde, formée d'une infrastructure en moellons, d'enrochements et de blocs surmontant une muraille en maçonnerie qui s'élève à 20 mètres au-dessus du fond. Boulogne est d'ailleurs le port le plus important de France pour la pêche.

Mais ces trois ports, si intéressants à considérer individuellement, souffrent de leur voisinage même et de la concurrence qu'ils se font entre eux. Ils sont trop rapprochés l'un de l'autre. Ils sont en outre, pour une partie de la France septentrionale, concurrencés par le port du Havre, où l'on vient de faire d'énormes travaux et de construire un port en eau profonde très vaste et très sûr. La Compagnie transatlantique y a son principal centre d'action. Elle lutte énergiquement et souvent avec succès contre les compagnies anglaises et allemandes. Aux deux navires de toute beauté, la *Savoie* et la *Lorraine*, qui ont acquis une réputation méritée, elle vient d'en ajouter un troisième, la *Provence*, qui n'a pas moins de 190 mètres de long, avec une puissance de 20 000 chevaux, dont les aménagements sont somptueux et dont la vitesse dépasse aisément les 20 nœuds réglementaires. La *Provence* vient de traverser l'Atlantique en six jours et deux heures, dépassant de plusieurs heures le fameux *Deutschland*.

Le Havre a, au surplus, la bonne fortune d'être un grand marché mondial du café, marché auquel on a su donner une organisation excellente, où le fonctionnement des opérations à terme, les caisses de liquidation et les procédés de warrantage peuvent (sauf quelques critiques de détail) être donnés comme modèles.

Mais le Havre, placé à l'extrémité même de l'embouchure de la Seine, souffre forcément du voisinage de Rouen, qui est un peu éloigné de la mer, mais qui a l'avantage d'être presque encore sur un estuaire. Rouen est

le débouché naturel de Paris, qui est lui-même le centre de rayonnement d'un système de canaux et de voies navigables se ramifiant sur une partie de la France. C'est pour ce motif que Rouen attire beaucoup plus que le Havre les marchandises lourdes, encombrantes, la houille et l'anthracite (le port en reçoit 800 000 tonnes par an), les bois, les vins d'Algérie, de Tunisie et d'Espagne, le pétrole brut, les grains, spécialement l'avoine et l'orge. Tout cet ensemble d'arrivages atteint 3 millions de tonnes. Rouen est devenu peu à peu un grand port de *transit*. C'est en vue du transit qu'ont été conçues la plupart des installations. C'est pour ce même motif qu'on a multiplié les grues flottantes. Il n'y a pas de port français où l'on voit autant de marchandises transbordées directement des navires de mer sur des bateaux fluviaux, marchandises qui repartent sans même avoir touché les quais ; d'autres ne restent à terre que le temps nécessaire pour subir certaines opérations de douane. Ajoutons que la prospérité relative du port de Rouen s'explique aussi par le développement industriel de la région avoisinante où l'industrie textile et celle des produits chimiques ont fait de réels progrès.

Si des ports de la Manche nous passons à ceux de l'Atlantique, nous constaterons qu'ils sont dans une situation plus difficile que les précédents. La raison fondamentale, c'est qu'ils drainent très peu de fret de sortie. Ils ont grandi, c'est vrai, mais ils ne doivent leur activité qu'à des éléments spéciaux de trafic. Ainsi d'importantes raffineries de sucre se sont installées à Nantes ; La Rochelle est un grand port de pêche ; Bordeaux est le centre d'un commerce considérable de vins.

Les progrès de ces différentes villes ne sont pas néanmoins satisfaisants. Ainsi Nantes, en dépit d'une certaine prospérité qu'on ne saurait méconnaître, souffre profondément de sa rivalité avec Saint-Nazaire. Nous avons vu que Rouen et le Havre peuvent être à la rigueur considérés comme deux villes complémentaires l'une de l'autre. Toutes

deux ont des traditions commerciales fort anciennes. Il n'en est pas de même ici. La création de Saint-Nazaire est récente et artificielle. Les Nantais n'ont pu voir sans dépit, vers le milieu du XIXe siècle, qu'au lieu d'approfondir la Loire, qui n'était accessible dans le voisinage de leur ville qu'à des navires d'un tirant d'eau maximum de trois mètres, on voulait créer artificiellement à Saint-Nazaire de grands bassins pour lesquels on a dépensé une trentaine de millions.

Cette création d'une utilité contestable a eu lieu entre 1850 et 1880. Elle répondait aux idées qui régnaient alors. On voulait substituer aux ports en rivière des bassins *directement ouverts sur l'océan*. Ces bassins devaient être la tête de ligne, le point d'aboutissement des voies ferrées. Les chemins de fer étaient considérés alors comme le seul mode de transport vraiment moderne. Napoléon III lui-même vint inaugurer solennellement les nouveaux bassins.

Nantes eut à souffrir. Quelques Nantais vinrent bien s'établir à St-Nazaire, mais en petit nombre ; on ne déplace pas une ville si aisément !

En réalité, on dissocia les deux éléments inséparables d'un grand port : 1° les bassins, les quais, l'outillage ; 2° le centre d'affaires, le groupement principal de population.

Les Nantais se refusant à émigrer cherchèrent à attirer les navires, à ramener à eux la navigation maritime. Ils commencèrent par entreprendre d'importants travaux dans la basse Loire, puis, après hésitation, construisirent un canal latéral qui leur permit de recevoir des navires d'un tirant d'eau de six mètres.

Ces incertitudes furent fâcheuses, car, si les quarante ou cinquante millions qui ont été dépensés tant à St-Nazaire que pour la construction d'un canal, devenu au bout de peu d'années insuffisant, avaient été franchement employés

à améliorer le cours inférieur de la Loire, on serait certainement arrivé à de meilleurs résultats.

Le canal latéral a néanmoins été pour Nantes une cause de développement. Le tonnage du port a doublé depuis qu'il est construit, et Nantes est devenue un port ouvrier. On y a créé des fabriques de biscuits, de conserves, de confiserie, d'engrais artificiels, de produits chimiques; des savonneries, des huileries, etc. C'est un débouché pour les denrées agricoles de la région et pour les vins de la vallée de la Loire. On a créé récemment dans les environs des établissements métallurgiques d'une certaine importance, des chantiers de constructions navales qui ont profité de la loi de 1893 pour construire surtout des voiliers. Nantes, ce n'est pas douteux, cherche à s'émanciper le plus qu'elle peut de St-Nazaire. Elle veut devenir un grand port de navigation. Si elle y parvient, c'est alors le sort de St-Nazaire, devenue aujourd'hui une ville de 33 000 habitants, qui est compromis. Se résoudra-t-on à la sacrifier après avoir dépensé tant de millions pour la doter d'un port auquel on vient de faire récemment de notables améliorations? La Chambre de commerce de cette ville fait les plus grands efforts pour ne pas se laisser immoler. La lutte est très vive et menace de durer longtemps encore. De plus, par derrière cette rivalité se trouve la question de la Loire navigable, gros problème qui divise depuis longtemps les meilleurs esprits. On n'a pu encore se mettre d'accord sur ce qu'il convient de faire. Est-ce la Loire elle-même qu'il faut améliorer? doit-on préférer un canal latéral? Il faut absolument se prononcer, parce qu'il faut absolument assurer à Nantes le fret lourd qui lui fait défaut.

On pourrait retrouver, en étudiant les deux ports de la Rochelle et de la Pallice, quelque chose de la rivalité que nous venons de signaler entre Nantes et St-Nazaire. La Pallice est aussi une création artificielle destinée à servir de débouché au réseau de l'État ; et ce réseau ne

se développe guère, pas plus que ne se développe l'industrie dans toute cette région. N'est-il pas permis de penser que les millions qui ont été dépensés dans ces deux ports, dont l'importance restera, sans doute, toujours médiocre, auraient été plus utilement employés ailleurs? S'il faut vraiment que quelques sacrifices soient faits dans un pays, ne sont-ce pas des ports secondaires comme ceux-là qu'il faudrait avoir le courage de négliger ?

Nous eussions mieux fait de concentrer notre attention sur le port de Bordeaux qui se trouve sur un magnifique estuaire avec eau profonde de sept mètres qu'on s'est déjà préoccupé de porter à huit. Bordeaux a un passé commercial qui est une force pour cette ville. Bordeaux est justement fière d'une grandeur et d'une prospérité qui furent telles au XVIIIe siècle, qu'à ce moment c'était le premier port de l'Europe continentale. Le régime libéral adopté en 1860 avait d'ailleurs rendu à Bordeaux, après une période de déclin regrettable, une grande activité. Cette ville était devenue et est restée partiellement le point de départ des services de navigation pour les principales contrées du monde. Mais on constate aujourd'hui un certain ralentissement sur les causes duquel je ne puis insister longuement. Il importe surtout de remarquer qu'il n'est pas la conséquence de la création de Pauillac, bel avant-port d'une profondeur de neuf mètres. Pauillac, où l'on a créé des usines, dans de bonnes conditions, est une création bordelaise, ce n'est pas pour Bordeaux une rivalité.

Si le mouvement d'affaires de Bordeaux se développe encore un peu, c'est grâce aux industries locales qui l'alimentent.

On a créé de nombreuses usines, des fabriques de bouteilles, de chocolat, de conserves alimentaires, de liqueurs, de produits chimiques, d'essence de térébenthine, de goudron végétal, etc. C'est très bien. Ce n'est pas assez !

Bordeaux a cessé d'être un centre commercial de premier ordre.

Deux branches importantes du commerce bordelais se plaignent beaucoup : le commerce du bois et celui du vin.

Bordeaux recevait jadis une quantité considérable de bois de construction (de Suède, de Norvège, de Russie, d'Amérique). Ces bois sont actuellement frappés de droits élevés (atteignant 50 °/₀ de leur valeur). L'importation a diminué des deux tiers, on cherche à les remplacer par du bois de la région pyrénéenne. Mais cela a d'autres inconvénients, et on se met en contradiction avec les efforts de ceux qui réclament, non sans raison, le reboisement des Pyrénées.

Le commerce des vins, de 3 millions d'hectolitres valant 1 milliard de francs, s'est abaissé à 1 800 000 hectolitres valant moitié moins. Cette diminution a frappé plus ou moins les industries qui se greffent sur le commerce des vins (la tonnellerie, la distillerie, diverses entreprises de transport).

Notre régime protectionniste n'a pas été favorable à cette branche du commerce bordelais. Nos viticulteurs se sont imaginé que nous avions tort d'accueillir trop facilement les vins d'Italie et d'Espagne. Ils n'ont pas remarqué que nos vins français entraient pour 1/3 dans ces coupages, qui donnaient de bons résultats, et avaient l'avantage de maintenir notre exportation, de conserver notre clientèle, tout en laissant à notre commerce un beau bénéfice (1).

La protection s'est faite en réalité au détriment des Bordelais, et c'est aujourd'hui dans des ports étrangers, principalement à Hambourg, Brême, Lübeck que se font ces coupages, ces mélanges dont bénéficiaient autrefois les commerçants de Bordeaux. Ajoutons que le commerce

(1) Cf. l'intéressant article de M. A. Marvaud, REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, février 1906, et le livre de M. Martinet, *Les Ports francs et l'Exportation des vins*.

des vins français doit compter de plus en plus avec la concurrence redoutable que leur font sur le marché mondial les vins d'Algérie, d'Italie, d'Espagne, de Crimée, de Californie. C'est ce qui explique en partie la diminution du tonnage que j'ai signalée plus haut. La chambre de commerce fait bien remarquer que Bordeaux est devenu un marché important pour la vente de la morue ! On signale également la création d'usines pour l'extraction des essences de pins landais qui, jusqu'ici, allaient se faire traiter à Londres ou en Italie, et de quelques autres fabriques. Mais ce léger surcroît d'activité ne peut répondre aux légitimes désirs des habitants. Par suite de l'insuffisance des voies fluviales et des canaux de jonction avec les bassins avoisinants, Bordeaux manque de l'hinterland auquel il aspire.

L'étude des ports de la Méditerranée n'est pas moins instructive. Je ne dirai rien de Cette qui a conservé une certaine activité grâce au commerce des vins : c'est le débouché naturel des départements où la production est la plus abondante dans notre pays. Mais Marseille, le premier port de la Méditerranée, a beaucoup de peine à conserver sa suprématie. On a fait de lourds sacrifices pour accroître les bassins ; mais l'activité de cette ville est principalement due à ce qu'elle est devenue un centre industriel ; les faubourgs se sont couverts d'usines et de fabriques de toute espèce. Marseille a perdu une partie du rôle commercial auquel elle pouvait prétendre. Elle n'est reliée à l'intérieur du pays par aucune voie navigable et il ne suffira peut-être même pas de construire un canal aboutissant au Rhône, car ce fleuve, au cours capricieux et pour lequel on n'a pas fait les dépenses nécessaires, peut être à peine considéré comme un moyen de transport pour notre pays.

Plus rapproché du centre de l'Allemagne, favorisé en outre par l'ouverture du Simplon, comme il l'avait été il y a vingt-cinq ans par celle du Saint-Gothard, le port de

Gênes fait à Marseille une concurrence terrible. Chaque année il gagne du terrain. Il l'emportera probablement d'une façon définitive dans un avenir plus ou moins rapproché.

Marseille a été, au surplus, depuis quelques années le théâtre de conflits prolongés entre le capital et le travail qui ont détourné de ce port un grand nombre de navires et lui ont fait un tort considérable. La longue grève de 1904 notamment, dont on n'a pas perdu le souvenir, a eu pour elle des conséquences désastreuses.

Si des ports français nous passons à ceux de l'Allemagne, l'impression n'est plus la même. On y trouve, il faut loyalement le reconnaître, une animation, une intensité de vie beaucoup plus considérable.

De tous les ports de l'Allemagne contemporaine, celui qui mérite de fixer tout d'abord l'attention c'est le port de Hambourg. C'est un des ports du monde dont le mouvement s'est le plus accru depuis un demi-siècle. Il est actuellement quinze fois ce qu'il était il y a cinquante ans. Le total des entrées, vers 1850, ne dépassait pas 600 000 tonnes, il est maintenant de plus de 9 millions. Les progrès sont particulièrement sensibles depuis dix ans, en dépit de la crise économique très grave par laquelle a passé le nouvel empire et dont les compagnies de navigation ont forcément ressenti le contre-coup. C'est à 3 milliards et 1/2 de francs que se chiffre le mouvement des marchandises entrant chaque année à Hambourg. Les sorties atteignent une somme à peu près égale.

Quinze mille navires, dont plus de la moitié (54 %) sont allemands, entrent chaque année dans le port. Et le tonnage à la sortie est un peu plus élevé qu'à l'entrée, ce qui prouve que les navires qui fréquentent le port de Hambourg y trouvent du fret en abondance.

Les causes de cette marche ascensionnelle sont nombreuses.

Voici les deux principales :

1° La situation géographique de cette ville ;

2° La façon dont les Allemands ont compris le rôle que Hambourg pouvait jouer dans la vie de leur pays.

1° Hambourg est le débouché d'une région, la vallée de l'Elbe, dont une partie au moins a, au point de vue industriel, et depuis longtemps, une importance considérable.

L'Elbe est une voie fluviale de premier ordre, pénétrant jusqu'au cœur de l'Europe centrale, très bien placée même le jour où le Danube sera rejoint à la Moldau, pour drainer une partie des produits de l'Autriche. Aucun de nos ports français n'est dans une situation géographique aussi favorable.

2° Les Allemands, avant même que Guillaume II eut prononcé la parole fameuse : *Unsere Zukunft liegt auf dem Wasser*, ont compris l'importance du rôle que la mer allait jouer dans la vie économique de l'humanité.

Ils ont vu que l'Elbe était une voie naturelle excellente. Ils ont travaillé avec ardeur à l'améliorer.

Ils ont fixé le lit du fleuve, ils ont pris les précautions voulues pour parer à la possibilité d'un encombrement, ils ont cherché à lui assurer de l'eau en toute saison.

Ils ont tendu une chaîne de touage jusqu'à la frontière de Bohême sur un parcours de 720 kilomètres.

Ils se sont enfin préoccupés de relier le bassin de l'Elbe aux bassins fluviaux voisins, à celui de l'Oder, et à celui du Weser.

La question de la navigation intérieure a été considérée par les Allemands comme une œuvre d'utilité nationale au premier chef. Dès 1869 avait été constituée une association — depuis elle a souvent fait parler d'elle — le *Centralverein für Hebung der deutschen Fluss- und Kanalschifffahrt*, qui a étudié entre autres questions :

1° La question du canal du Rhin à l'Elbe ;

2° La question du canal de la Sprée à l'Oder ;

3° Celle de la jonction du Danube aux fleuves de l'Allemagne du Nord (Oder et Elbe).

Une partie des travaux proposés a déjà été exécutée. Le reste viendra plus tard.

L'effort de cette association a été complété par celui qui a été fait en même temps pour organiser la batellerie.

Après s'être constitués en fédération, en *Verband*, les bateliers de l'Elbe se sont groupés autour des industriels, et ont reçu d'eux les moyens de lutter contre les chemins de fer. Ils ont créé un bureau central à Berlin, des écoles de batellerie et même un *brevet* (*Schifferpatent*), qui est aujourd'hui obligatoire sur l'Elbe et le Rhin.

Ils ont amélioré le matériel, ont construit de grands chalands longs et larges, de fort tonnage, de peu d'enfoncement, qui sont traînés par de puissants remorqueurs, ayant eux-mêmes un faible tirant d'eau. La plupart ont des propulseurs à turbines d'un système (Bellingrath-Zeuner) fort apprécié. Il faut des sécheresses exceptionnelles pour que la navigation soit momentanément interrompue.

Les Hambourgeois ont d'ailleurs considérablement aidé au développement de leur cité. Ils ont augmenté la longueur des quais, creusé de nouveaux bassins, créé l'avant-port de Cuxhaven, établi des magasins considérables et des entrepôts de toutes sortes. Ils ont fait de Hambourg un *port franc*, et cette franchise, si elle n'a pas été, comme certains l'ont prétendu, la cause unique du merveilleux essor de Hambourg, a contribué du moins puissamment à sa prospérité. Ce qu'il faut surtout ne pas perdre de vue lorsqu'on étudie les causes de ce développement, c'est que la situation de Hambourg a surtout grandi quand l'Allemagne elle-même est devenue une grande puissance industrielle, quand elle s'est lancée à la recherche des marchés du monde, et s'est engagée avec l'ardeur que vous savez dans le commerce d'exportation.

On peut dire à ce point de vue, avec M. Paul de Rou-

siers, que la prospérité de Hambourg est le reflet de la prospérité de l'Allemagne (1). Le développement de la richesse de cette ville se rattache au développement de la vie économique du nouvel empire, et ce serait toute une étude de l'essor industriel allemand qu'il faudrait entreprendre pour bien comprendre le rôle et la fonction économique du port de Hambourg.

Il faudrait étudier l'ensemble des régions dont Hambourg est le débouché, l'organisation des transports, le rôle respectif des pouvoirs publics, des particuliers et des associations, et ne pas oublier de montrer comment les cartels ont puissamment contribué à développer le commerce d'exportation. C'est ainsi, par exemple, que Hambourg est devenu le grand port d'exportation des produits chimiques allemands, et que l'essor de l'industrie chimique, un des plus beaux fleurons de la couronne industrielle de l'Allemagne, explique certains côtés de l'activité du port de Hambourg.

M. de Rousiers, qui, dans le beau livre auquel j'ai déjà fait quelques emprunts, a si bien montré ce que l'Allemagne envoie à Hambourg, insiste avec raison sur les causes qui expliquent le développement de cette branche si importante de l'industrie, dont on a dit qu'elle est l'industrie de l'avenir.

Hambourg a résolu aussi la difficile question du fret. Hambourg n'avait pas de houille, c'est-à-dire peu de fret lourd à exporter, alors que le fret lourd est nécessaire à la prospérité d'un port.

Ce sont les produits agricoles qui ont remplacé la houille. Hambourg exporte le sucre des innombrables sucreries de la plaine saxonne, de la région de Magdebourg, du Brandebourg, même de la Bohême. Elle reçoit plus d'un million de tonnes de sucre brut, une quantité

(1) *Hambourg et l'Allemagne contemporaine*. Paris, 1902.

d'alcools, de sels (provenant de Stassfurt, et beaucoup de produits de l'industrie textile.

Hambourg doit aussi une partie de son activité à ce qu'il est un grand port d'embarquement pour les émigrants.

Après m'être ainsi étendu longuement sur Hambourg, je ne puis dire qu'un mot des autres ports auxquels s'appliquent, d'ailleurs, plusieurs des considérations qui précèdent.

Brême, malgré ses traditions, la richesse de ses armateurs, les quasi-monopoles qu'ils ont su acquérir pour diverses branches de traffic, n'a pas pris la même importance que Hambourg. Cela tient en grande partie à ce qu'elle manque d'*hinterland*.

Le Weser n'est qu'un fleuve secondaire comparé à l'Elbe.

Cependant, depuis l'entrée de Brême dans le Zollverein (1888), le mouvement du port a plus que doublé.

Sur la Baltique, je me borne à dire quelques mots de Stettin. C'est le premier port de la Baltique, et ses progrès ont été considérables. En 1870, le mouvement du port était de 800 000 tonnes. Et aujourd'hui il est de quatre millions. C'est, de plus, un port franc et c'est le plus rapproché de Berlin. C'est pourquoi l'empereur a approuvé en 1899 les plans d'un canal nouveau qui doit remplacer le canal de Finow considéré comme insuffisant. Cette création est regardée comme indispensable pour que Stettin puisse devenir le véritable débouché de la capitale de l'empire.

C'est à côté de Stettin, à Bredow, qu'ont été installés les vastes chantiers navals de la Société Vulcan qui ont pris une importance si considérable et qui appellent notre attention sur les progrès accomplis en Allemagne par cette branche de l'industrie. Les chantiers allemands qui, en 1870, existaient à peine, fabriquent aujourd'hui 12 % des navires construits dans le monde. La production a dépassé l'an dernier 300 000 tonnes dont 101 030

dans les chantiers de Stettin et 112 825 dans ceux de Hambourg.

Ce développement des chantiers est en rapport étroit avec le développement de la puissance industrielle du pays. Les Allemands ont compris que la construction des navires n'est pas une industrie comme les autres, que la marine marchande est une force énorme d'expansion commerciale. Ils ont senti que le navire est un précieux instrument de propagation des produits et de l'influence d'un pays.

A la prospérité des chantiers correspond aussi celle des grandes compagnies de navigation ; c'est ainsi que la Compagnie Hamburg-America a réalisé en 1905 un bénéfice de 40 000 000 marcs soit 27 °/₀ du capital total, contre 31 200 000 en 1904. Elle a pu donner cette année un dividende de 11 °/₀. Ses amortissements et réserves n'ont pas été moindres de 24 500 000 marcs, ce qui représente 15,7 °/₀ de la valeur totale de la flotte de cette compagnie. Elle ne possède pas moins de 147 vapeurs, jaugeant 692 080 tonnes. Si l'on y ajoute 10 navires en construction et une importante flottille fluviale, on trouve un total général de 811 943 tonnes de jauge brute. C'est presque autant que toute notre flotte marine marchande française. Ne peut-on en conclure que l'industrie maritime bien dirigée est capable d'un excellent rapport ? Les actionnaires qui sont restés fidèles à la Compagnie pendant les douze dernières années ont touché, nous dit M. Grivot (1), un dividende moyen de 6,8 °/₀ par an. De plus, leurs actions ont acquis une énorme plus-value. Elle n'est pas inférieure à 59,25 °/₀ du capital primitif. Et d'autres sociétés : le Norddeutscher Lloyd, la Compagnie hambourgeoise sud-américaine, la Compagnie allemande australienne, le Kosmos, etc., marchent sur les traces de celle que je viens de citer.

(1) PHARE du 8 avril 1906, p. 175.

Ces brèves indications suffisent pour prouver que les ports allemands sont plus prospères que nos ports français. Une première cause d'infériorité pour ceux-ci, c'est leur éparpillement même. En France il n'existe pas moins de 69 ports (sans compter les simples ports de pêche qui portent le total à 417), sur lesquels 42 (sans parler de l'Algérie) ont les honneurs d'une notice spéciale dans le *Tableau général du commerce et de la navigation*. Quarante-deux ports pour lesquels on a fait des travaux considérables, c'est évidemment trop! Il eût fallu en sacrifier les trois quarts pour concentrer les efforts sur les huit ou dix ports principaux dont on aurait fait les véritables centres du trafic maritime du pays. En second lieu, un port est un débouché, et cette vérité semble avoir été un peu oubliée en France. On ne s'est pas suffisamment occupé d'améliorer les voies d'accès, les chemins de fer, surtout les voies navigables, sans parler des routes et des canaux. On peut ajouter que nos ports français sont, dans une certaine mesure, victimes de la politique, d'ailleurs aisée à comprendre, de nos compagnies de chemins de fer, qui s'efforcent de conserver les marchandises sur leur réseau le plus longtemps qu'elles peuvent. Les courants les plus longs sont naturellement ceux qui ont Paris pour objectif — au détriment des courants transversaux — et il n'y a pas de courants organisés vers les ports de l'Atlantique, pour le transport avantageux des marchandises.

La situation difficile dans laquelle se trouvent nos ports s'explique aussi par la lenteur avec laquelle progresse notre marine nationale. Ceci tient à des causes multiples qui ne peuvent être toutes examinées ici, mais il importe au moins d'indiquer les principales.

La première de ces causes est le coût élevé des navires.

Il est indispensable pour le progrès du commerce par mer d'avoir un instrument à bon marché ou tout au moins pas trop dispendieux.

Or, le navire construit dans un chantier français, et cela pour des raisons qui tiennent à notre vie économique tout entière, est plus coûteux que le navire construit en Angleterre ou en Allemagne.

Sans doute nous avons pu acheter des navires à l'étranger, mais l'expérience a démontré que l'armateur français est toujours dans une certaine dépendance vis-à-vis des chantiers français, et c'est là une infériorité incontestable.

En second lieu, les compagnies de navigation françaises ne sont pas suffisamment puissantes.

Les capitaux en France sont timides, les entreprises de navigation ne les tentent pas ; nos capitalistes, nos tranquilles bourgeois, qui ont sans doute de sérieuses qualités auxquelles il faut rendre hommage, comprennent mal l'évolution économique contemporaine, et l'importance croissante du trafic maritime.

Nous n'avons pas trouvé en France, depuis quelques années, assez d'argent pour l'industrie des armements. L'industrie des transports maritimes est une de celles qui permettent le mieux de constater que les Français ne sont pas assez entreprenants. Leur idéal, c'est d'être « rentiers ». Il faut bien dire qu'ils n'ont pas été encouragés à se porter du côté des entreprises maritimes par les pouvoirs publics, mais c'est là un sujet sur lequel je ne puis insister ici. Je me contenterai de dire que notre marine n'a pas été soutenue comme il l'eût fallu par le gouvernement, lequel, absorbé par toutes sortes de préoccupations, et trop gêné par la difficulté d'équilibrer les budgets, n'a pas accordé à notre trafic par mer l'appui dont celui-ci avait besoin.

Les libéralités mêmes dont la marine a profité, ont été dispensées sans vue d'ensemble, sans plan nettement arrêté et poursuivi avec la continuité désirable. L'absence d'esprit de suite, ici comme ailleurs, a été très préjudiciable à la France. Et puis notre législation est très défectueuse. Elle soumet à des conditions très lourdes la composition du personnel. Ainsi l'équipage doit être composé

pour les 3/4 de marins français ! Au point de vue de leur entretien et de leur nourriture, il est démontré que nos armateurs sont plus lourdement chargés que les armateurs étrangers. La différence avec l'Angleterre n'est pas inférieure à 12 %.

Il est enfin une cause plus grave encore que les précédentes et qui mérite une étude spéciale : c'est la question du fret.

Nous manquons en France de fret et spécialement de fret lourd, de matières pondéreuses. Sans doute, notre industrie et notre exportation de produits fabriqués ont fait des progrès et il est sorti depuis dix ans par nos ports plus de marchandises françaises que pendant la période décennale précédente.

Cet accroissement n'a guère profité à la France. Ce sont des compagnies étrangères qui en ont recueilli la plus forte partie. Il faut bien dire que, sous ce rapport, notre situation géographique est moins favorable qu'on ne le croit en général. La France se trouve en lisière sur la partie du continent la plus avancée vers l'Océan, c'est-à-dire que beaucoup de nos marchandises forment un fret complémentaire pour des navires anglais et allemands qui viennent en passant les chercher dans nos ports. Ces marchandises sont transportées par eux à Anvers, à Rotterdam, à Brême, à Hambourg, surtout à Londres, où elles alimentent ce vaste entrepôt toujours le plus important du monde.

A elle seule la marine anglaise nous enlève pour 200 millions de francs de marchandises destinées à d'autres pays. On comprend dans ces conditions que le pavillon français à Hambourg représente à peine 2 % de la navigation totale de ce port. Dans les ports de la Baltique : Stettin, Danzig, Königsberg, Riga, la proportion est moindre encore.

C'est également par des navires étrangers que se font en France la plus grande partie des importations que nous

recevons de l'étranger. 26 °/₀ seulement des objets que nous achetons sur les marchés d'outre-mer nous arrivent par des navires battant pavillon français.

Si sérieuse que soit cependant pour nous la difficulté d'établir *un marché de fret*, elle n'est pas insurmontable.

Le mouvement maritime ne se borne pas en effet aux importations et exportations. Le commerce de *transit* joue un rôle chaque jour plus important.

Il y a une foule de marchandises qui n'atteignent le consommateur qu'après avoir subi une série de préparations, de mélanges, de triturations de toutes sortes. Or ces opérations ne se font pas ordinairement dans le pays d'origine. Les produits sont généralement expédiés à des commissionnaires de gros installés dans les ports, qui approprient la marchandise aux goûts et aux besoins de leurs clients. Il s'ensuit que les chargements ont besoin d'être groupés. C'est ainsi qu'il y a des ports où se concentrent les arrivages de vin, de café, de caoutchouc. Nous ne nous sommes pas assez occupés de ces groupements. Et la France était cependant bien située pour servir de place d'échange et de distribution!

Les inconvénients que nous avons précédemment signalés au point de vue de sa situation géographique pour le commerce d'importation ou d'exportation directes, se changent en *avantages* quand il s'agit du transit.

C'est ici surtout qu'intervient la considération des ports francs.

L'entrepôt fictif ou l'admission temporaire, s'ils sont utiles pour l'industrie elle-même, ne servent pas à grand'-chose au point de vue du *transit*, et l'absence de port franc dans notre pays oblige les navires à se détourner de leur direction naturelle : ils vont plus loin, à Hambourg, par exemple, où ils trouvent toutes les facilités que ne peuvent leur donner les ports français. C'est ainsi que nous payons à l'Allemagne chaque année des *commissions considérables*.

Une quantité de vins français destinés à tous les pays

du monde y sont transportés pour y subir des coupages, des mélanges et être l'objet de manipulations de toute sorte.

De même les tourteaux oléagineux des usines de Marseille vont à Hambourg où l'on en extrait, avec des pétroles détaxés, les huiles résiduelles. Ce sont là des constatations d'autant plus affligeantes pour nous que nous étions parfaitement placés pour être un grand magasin, un terrain d'échange et de transit.

Je me plais à penser, que dans cette esquisse déjà trop longue et cependant bien incomplète, j'ai indiqué les principales raisons qui expliquent la lenteur avec laquelle se développent nos ports nationaux. J'espère surtout avoir provoqué dans vos esprits quelques réflexions utiles et préparé une discussion dont je serai heureux de faire mon profit.

G. Blondel.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

—

Il serait contradictoire de vouloir à la fois continuer cette enquête et tirer déjà des conclusions. Aussi n'est-il pas question de conclure, mais de totaliser les résultats acquis, de les grouper pour les saisir d'ensemble. C'est une tâche délicate, à laquelle il faut se résoudre pourtant, en vue de la suite de l'enquête.

Ce qui fait la fécondité de la méthode d'observation, c'est la comparaison des données : l'observation n'est qu'un moyen au regard de la comparaison qui est elle-même un moyen au regard d'un but ultérieur qui est la science. La comparaison révèle des ressemblances, des différences : il faut expliquer les unes et les autres ; il faut aussi classer les faits observés, discerner et enchaîner les causes et les effets. C'est ainsi que se sont constituées les sciences naturelles, c'est ainsi que doivent se constituer les sciences sociales.

Après qu'elle a fourni les données comparables, le rôle de l'observation n'est pas terminé : les observations initiales en appellent d'autres, les observations vérificatrices, qui serviront de contrôle aux inductions de l'esprit.

Dans l'ordre d'idées qui est nôtre, la vérification importe doublement. Elle nous donnera la connaissance sûre des conditions de la prospérité des ports : c'est le point de vue de la théorie. Au point de vue pratique, elle fixera positivement et négativement la politique maritime, indiquera ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut pas faire.

Précisément nous sommes arrivés à ce moment de l'enquête où déjà des observations très suggestives ont été recueillies : elles fournissent des données à rapprocher, elles permettent d'émettre des vues critiques et de marquer les points dont la vérification est à rechercher.

Il y a port et port. C'est une vérité qui se trouve dès

l'abord mise en lumière. S'il est trop tôt pour tirer de l'enquête une classification générale des ports de commerce, il n'est pas trop tôt pour constater l'importance primordiale de l'hinterland (1).

On peut aussi se rendre compte expérimentalement des principes divers sur lesquels on pourrait fonder les classifications : d'après la position géographique du port, d'après sa fonction distributive propre, d'après les conditions dans lesquelles il a été ouvert au trafic.

On aurait ainsi la division géographique et la division économique (2). Au point de vue de la participation à la vie économique nationale, les ports de pénétration comme Hambourg et Anvers sont évidemment les plus intéressants.

Une mention est due ici à la division qu'a établie M. de Rousiers *d'après ses observations personnelles*, et, semble-t-il, en particulier d'après les avatars de la fonction économique de Hambourg (3). Comme on le verra, cette classification des ports se trouve rattachée à celle de leurs fonctions. Le port moderne, selon cette classification, est au service de son arrière-pays, tandis que le port de jadis en est isolé.

Les travaux rétrospectifs qui font partie de cette publication ne confirmeraient pas cette manière de voir, si, contrairement aux institutions de l'auteur, on voulait y découvrir un système historique. Ce que M. de Rousiers a voulu dire, c'est simplement que le commerce de mer était autrefois plus séparé qu'aujourd'hui du commerce de terre.

(1) L'hinterland ou l'arrière-pays du port est la portion de territoire que le port dessert. Son étendue n'est déterminée ni par la géographie, ni par le droit des gens : elle n'est pas fixe, elle dépend des moyens de communication naturels ou artificiels. La création d'une voie ferrée peut l'étendre, tout comme un tarif trop élevé des prix de transport par rail peut la restreindre.

(2) Il est plus malaisé de qualifier la division des ports selon les circonstances qui ont accompagné leur ouverture au commerce. Pourtant l'opposition entre la création de Barry et la découverte de Beira est flagrante.

(3) Voir REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, décembre 1904, et RÉFORME SOCIALE, 1er et 16 septembre 1905.

Comme j'entretenais de la question un membre autorisé de la Société scientifique et qui a été président de la section de géographie, M. Jules Leclercq me signala une étude présentée par lui à l'Académie royale de Belgique sur *Le plus ancien entrepôt de commerce* (1). Elle a pour objet le port méridional de Ceylan, connu sous le nom de Pointe de Galle. Cette ville, une des plus vieilles du monde, paraît être la Kalah des Arabes, la Tarsis orientale des Phéniciens. C'était un entrepôt, le trait d'union entre l'Occident et l'Orient, comme le dit M. Leclercq, mais on y venait chercher aussi les produits du pays, tels l'ivoire, une des principales productions de Ceylan, les paons et les singes qui y abondèrent de tout temps.

Les conditions modernes de l'échange, c'est bien évident, donnent à la fonction régionale du port une prépondérance qu'elle ne pouvait avoir jadis. C'est le fait très important que la classification de M. de Rousiers met en lumière : ainsi comprise, elle est un outil scientifique très précieux qu'il est permis de comparer aux classifications dont l'emploi a été si utile à ceux qui ont fondé les sciences naturelles.

Il sera intéressant de vérifier par les travaux futurs si l'évolution, loi de la société économique, à ce qu'il semble, est aussi la loi que subit la fonction du port. Il y aura là, à propos d'une fonction économique bien déterminée, un contrôle précieux de la théorie de l'évolution dans son application à la vie sociale.

Nous voici seulement au seuil de l'enquête qui est le sujet de cette note, enquête sur l'enquête. Essayons de grouper les enseignements qu'on en peut tirer, sinon à titre de conclusions vérifiées, au moins à titre d'hypothèses.

Pour l'économiste, le port est une richesse à la formation de laquelle concourent diversement selon les circonstances

(1) Voir BULLETINS DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, 3e série, t. XXXVII, 2me partie, n° 1, pp. 58-64. 1899.

la nature, les hommes, le capital (au sens exact de la langue économique).

Sans doute, cette inégale participation des éléments indiqués à la formation du port est en relation avec le développement économique général. Le capital n'y pouvait jouer jadis le rôle dont il est aujourd'hui capable, qu'il s'agisse d'approfondir et d'outiller le port, d'établir les voies ferrées de l'hinterland, etc. Cependant le rôle de la nature ne passe pas forcément au second plan dans les ports d'aujourd'hui. Voyez Beira et la description que nous en donne M. Morisseaux.

Le port de commerce est une richesse productive : qu'il appartienne à l'État, à une municipalité, à une corporation, à une compagnie, il a ce caractère, plus aisément saisissable, il est vrai, si l'exploitation du port est une entreprise privée représentée par des titres négociables. Le fait que le port a une valeur est alors mis dans une plus vive lumière.

Valeur échangeable, le port doit répondre à quelque besoin des hommes, constituer l'apport d'une utilité dans les relations économiques. La fonction aide à comprendre l'organe.

Le port est un organe de distribution des biens susceptibles à la fois d'être échangés et déplacés. Il est le point de contact, le carrefour, si l'on peut ainsi dire, des routes de terre et des routes de mer.

Partant de là, notre distingué collaborateur M. de Rousiers a établi cette classification des fonctions des ports d'aujourd'hui : « Un grand port moderne remplit trois fonctions bien distinctes et dont chacune est liée à un ordre de phénomènes différents. Par sa *fonction régionale*, il est lié aux forces productives et à la puissance de consommation de son arrière-pays. Par sa *fonction industrielle*, il est lié à l'esprit d'entreprise de ses habitants et aux facilités de distribution tant terrestres que maritimes dont il jouit. Par sa *fonction commerciale*,

il dépend surtout des avantages de sa situation géographique maritime et de l'organisation de son marché local. »

Cette classification des modalités de la fonction du port répond à un but bien déterminé : trouver la raison pour laquelle une marchandise vient dans un port ou en part. C'est ce que les statistiques douanières ne permettent pas de voir d'emblée. Les classifications de la douane, justifiées au point de vue administratif et fiscal qui est le leur, font souvent le désespoir des économistes. La distinction que fait M. de Rousiers leur sera au contraire d'un grand secours.

Mais, à la prendre pour point de départ, on s'aperçoit que la fonction du port dépasse les manipulations accomplies dans la rade et les bassins et sur les quais. C'est évident pour la fonction industrielle.

On est ainsi amené à embrasser dans l'étude de la fonction du port une série de manifestations caractéristiques de l'activité économique.

Le port d'Anvers, pour prendre cet exemple, est l'organisme complexe qui distribue chaque année dans le pays et au delà de nos frontières continentales, et qui expédie par la voie de la mer des millions de tonnes de marchandises (1).

Dans cette activité la place d'Anvers a une part importante, par ses commerçants, ses exportateurs, ses agents maritimes, ses établissements de banque et d'assurance.

Faire abstraction de tout cela, c'est s'interdire la connaissance complète et vraie de la fonction du port au regard de la vie nationale.

En s'aidant des travaux qui forment cette première contribution à l'enquête entreprise par la Société scientifique, on pourrait établir — *provisoirement* — un classement plus complet.

Ce classement serait rattaché à une idée générale, qui

(1) Pour 1904 les statistiques officielles évaluent à près de 2 milliards de francs les marchandises débarquées à Anvers, à 1 800 000 000 francs celles qui y ont été embarquées.

pourrait être celle-ci : la fonction des ports est distributive — elle est le fait de tous les ports de commerce — elle est fondamentalement une.

La classification consistera à noter les diverses modalités de l'activité économique dans la réalisation de cette fonction.

On aura ainsi :

Le port centre de manipulations-transbordements : cet aspect de la fonction distributive du port a été appelé par MM. Dubois et Theunissen la fonction transitaire.

Le port centre ou siège d'industrie ;

Le port centre d'opérations commerciales ;

Le port centre d'armement et d'affrètement ;

Le port siège d'opérations et d'institutions financières.

Tous les ports n'ont pas cette organisation complexe. Anvers n'a pas d'armement. Par contre, c'est un centre important d'affrètements.

Il n'est peut-être pas superflu de noter que les classifications de MM. Dubois et Theunissen (fonction transitaire du port et fonction commerciale de la place) et de M. de Rousiers ne coïncident pas. La fonction régionale de M. de Rousiers n'est pas la fonction transitaire de M. Dubois. La fonction commerciale de M. de Rousiers n'est pas la fonction de la place commerciale définie par M. Dubois.

Montrons-le par un exemple.

C'est à la fonction de place commerciale que se rattachent les importations de blé à Anvers : pour la grande part ce blé est consommé par la population belge. Cette importation se rattache donc principalement à la fonction régionale, au sens de la classification établie par M. de Rousiers.

Autre exemple.

La fonction transitaire pourra consister à transporter d'un cargo sur un autre des marchandises venant d'outre-mer et destinées à un port de la mer du Nord ou de la Baltique. Or, il s'agit bien évidemment ici de la fonction

« commerciale » au sens donné à cette expression par M. de Rousiers.

L'interdépendance des fonctions du port a été mise en lumière, pour Liverpool, par la monographie de M. de Rousiers. La même démonstration a été faite avec plus d'abondance, à propos d'Anvers, par MM. Dubois et Theunissen.

Ce point est indiqué aussi par M. Laporte à propos de Barry qui doit fixer particulièrement l'attention au point de vue de la méthode.

Le Play étudia les sociétés d'après les procédés qu'il avait employés pour l'étude des métaux, c'est-à-dire la recherche, l'isolement des corps simples. Il trouva dans la famille l'unité sociale élémentaire. C'est la même méthode qu'il s'agit d'appliquer à l'étude du développement économique de notre temps et de nos contrées. Il a paru que ce développement n'était nulle part plus saisissable que dans l'organe principal des échanges entre nations : le port. Il est vrai que le port est souvent un organe malaisé à tenir pour élémentaire. Un port qu'on peut voir naître sera donc particulièrement instructif à considérer, du moins au début de l'enquête. S'il se trouve que la fonction de ce port est d'abord simple elle-même, on aura isolé le corps élémentaire à étudier.

Le port de Barry est de création récente : il ne date que de 1889.

Sa fonction distributive est aussi simple qu'on peut le souhaiter. Il reçoit des mines du pays de Galles, par la voie ferrée, le charbon de soute que de nombreux navires, arrivés sur lest, viennent y charger.

Cette fonction s'est développée avec une extrême rapidité. Après quinze années d'existence les exportations de Barry ont dépassé en 1904 les neuf millions de tonnes, alors qu'il n'a été exporté d'Anvers par mer, pendant la même année, que cinq millions de tonnes de marchandises.

Pourquoi ? La monographie de M. Laporte l'explique très clairement. Nous voyons la fonction du port s'exercer

sous nos yeux. Chaque tonne de charbon exportée par Barry représente un bénéfice au moins relatif, un bénéfice par rapport à l'exportation qui se serait faite par Cardiff où la rapidité des transbordements n'était pas réalisée, une économie de temps, d'autant plus appréciable que la célérité est la condition du rendement des grands navires modernes.

Il se fait que les exportations de Cardiff n'ont pas diminué, malgré l'ouverture du port de Barry. Celle-ci a donné lieu à un considérable accroissement de l'extraction de la houille dans la région desservie par Barry.

Il sera intéressant de constater par la suite — dans un quart de siècle, par exemple — ce que Barry sera devenu.

On peut presque le prédire en voyant ce qui se passe déjà. La fonction de Barry tend à se développer, à se compliquer. L'on voit naître, puis croître peu à peu les importations. Au lieu d'arriver à Barry sur lest, les navires, certains navires y apportent des produits qui trouvent leur utilisation sur place, à Barry même, ou dans la région minière ; ils fournissent du fret aux wagons qui ont conduit le charbon jusqu'au port et s'en retournent...

C'est ainsi que les statistiques ont enregistré en 1904 l'entrée à Barry de 300 000 tonnes de bois de mine et de 100 000 tonnes d'autres marchandises : bois de charpente, matériaux de construction, denrées alimentaires, etc.

L'interdépendance des modes d'activité du port est une des constatations auxquelles donnent lieu les premiers travaux de l'enquête. Le fret appelle le fret.

Prenons Anvers.

Les besoins régionaux déterminent des importations considérables de denrées alimentaires et de matières premières : de là appel de fret de retour.

Qu'il faille du fret de retour aux navires entrés à Anvers, c'est si évident que des services réguliers vers les pays d'outre-mer sont organisés à Anvers, grâce aux navires irréguliers qui y viennent en grand nombre. Le port d'Anvers est pourvu abondamment de fret de retour, de fret

lourd notamment, de fret encombrant aussi. Dès lors, les *tramps* y viennent de préférence et notre pays se trouve pourvu abondamment et même surabondamment de denrées alimentaires d'importation.

Tout cela fait le *marché* d'Anvers, et contribue à la prospérité de la place.

Voici qu'on s'y intéresse aux entreprises d'outre-mer : cultures, établissement de voies ferrées, etc. Le mouvement des capitaux suit celui des denrées.

Il faut payer les intérêts des capitaux engagés de la sorte : il en résulte un nouvel élan pour les importations à Anvers des denrées produites par les pays débiteurs.

On pourrait continuer ce travail d'analyse, souligner, par exemple, l'intérêt pratique qu'il y a à ce que le transit par Anvers ne diminue pas : par lui la force centripète de la place est accrue. Et nous ne parlons ni des industries du port, ni des institutions financières : les unes et les autres sont successivement effet et cause. Elles ont été créées à la suite du développement du trafic anversois, puis sont devenues à leur tour un élément nouveau et causal de l'activité des affaires, auxquelles les fabricats fournissent matière à nouvelles transactions et que les institutions financières facilitent et développent.

L'intérêt de ces constatations est double.

Elles mettent en lumière l'unité fondamentale de la fonction du port. Elles sont aussi d'une évidente importance pratique, ainsi que l'ont montré, pour Anvers, MM. Dubois et Theunissen.

On a dit que la fonction crée l'organe. A la vérité, il y a une corrélation nécessaire entre l'organe et la fonction. Les êtres primitifs ont des fonctions rudimentaires qu'accomplissent des organes rudimentaires aussi. La fonction à la longue transforme et parfait l'organe qui se prête dès lors pleinement et parfaitement à sa fonction.

Ces vérités physiologiques sont-elles aussi des vérités sociologiques — et dans le cas qui nous occupe — économiques ?

C'est le port qui fait la navigation, nous a dit un des rapporteurs. Ceci ne signifie pas seulement que le port est la condition de la navigation, ce serait presque un truisme ; il faut entendre que le port appelle la navigation. Se trouve-t-il une clientèle pour tirer parti des marchandises débarquées dans le port et fournir du fret de retour, la navigation est bien près de se développer : les organes complémentaires du port naîtront sans doute, les voies et moyens de communication se créeront, par l'ouverture de routes vers l'hinterland, par l'armement local qui vaudra au port une zone d'expansion maritime.

Celle-ci — la zone d'expansion maritime — est plus extensible que celui-là — l'hinterland. Mais la clientèle de l'hinterland est plus assurée.

L'hinterland est mouvant, au surplus. Le port d'Anvers qui a vu grandir le sien pourrait le voir se rétrécir un jour.

La domination d'une zone commerciale intérieure étendue fait défaut aux ports français. Ils se concurrencent à leur détriment. Leur développement est entravé.

Les ports allemands sont mieux partagés. Si l'on remarque que les besoins alimentaires et industriels des habitants de l'hinterland sont un élément essentiel de la prospérité des ports modernes, on ne peut pas ne pas prendre en considération la faible natalité française et l'accroissement énorme de la population de l'Empire allemand depuis un tiers de siècle.

L'on touche ainsi aux causes morales des phénomènes économiques, et notre enquête rejoint celle de Le Play : les vertus familiales qui font les peuples heureux sont, en fin de compte, un des éléments de la prospérité des ports.

Nous voici presque au terme de ces réflexions. Il reste à se demander quelle est, d'après les données enregistrées, la loi de l'activité du port, ou plus simplement, quel est le but au regard duquel sa fonction n'est elle-même qu'un moyen.

Cherchons les formules les plus simples, les plus familières. Le transport des marchandises à bon marché, la réduction du fret (du coût de transport), voilà ce but.

C'est le but en tous cas : que la fonction du port soit purement transitaire ou que la place commerciale intervienne, achète les marchandises pour les revendre; que l'acheteur soit un consommateur de l'hinterland ou un commerçant de la place.

De fait, la recherche du bon marché du fret explique tout : les combinaisons des frets lourds et des frets encombrants, des frets d'aller et de retour, les grandes dimensions des navires d'aujourd'hui, la préférence donnée aux ports de pénétration, la nécessité des mouillages faciles et profonds, les engins perfectionnés qui servent aux transbordements.

L'importance du bon marché du fret paraît bien être la clef des problèmes que les rapporteurs ont rencontrés en chemin, comme la fortune foudroyante de Barry, l'avenir de Beira, l'absence d'armement à Anvers, la lenteur avec laquelle les ports français voient se développer le trafic.

Ceci nous amène à préciser ce qu'est, en définitive, le bon marché du fret : c'est la mise en action de la loi fondamentale de l'économie politique qu'on a appelée la loi du moindre effort. Cette loi qui domine l'économie de la circulation et de la répartition des biens comme celle de leur production, signifie que la recherche du plus grand effet utile pour sa peine est le fait de l'homme qui poursuit la satisfaction des besoins matériels selon la raison. Elle n'est que *la raison appliquée*, en somme (1).

C'est elle qui fait qu'Anvers, grâce à la clientèle que lui vaut sa situation géographique, n'a pas eu besoin d'armement : l'affrètement a suffi.

En elle se résume toute la courte histoire de Barry, pour reprendre cet exemple. On peut dire que ce port a été créé pour amener dans les meilleures conditions de prix les charbons de Galles (c'est-à-dire un fret de retour recherché)

(1) Voir l'introduction à mon étude sur *Le Chèque et la Compensation*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1902. Tirés à part chez Falk fils, Bruxelles.

à bord des navires affrétés par les grandes maisons d'exportation de Londres et de Cardiff.

Ce qui fait en fin de compte l'utilité du port, ce par quoi il contribue au développement économique du pays, c'est l'abondance de sa fonction distributive qui répand les marchandises utiles dans la région et qui assure aux produits de l'industrie nationale le fret d'expédition à bas prix. Comme on nous l'a montré, même la fonction transitaire est utile en ce qu'elle contribue au fonctionnement normal de l'organe, en ce qu'elle l'assouplit en quelque sorte et le rend plus apte à son rôle essentiel.

Ces réflexions, c'est le port d'Anvers qui les suggère. Il est un organe de la vie économique qui ne fonctionne point par le seul jeu des forces naturelles comme celui de Beira. Si l'on s'est suffisamment familiarisé avec la loi de l'économie de l'effort, on rattachera sans hésiter à l'idée d'effort épargné l'effort énorme qui va s'accomplir à Anvers. Car, si l'on ne se résout à ménager l'accès du port aux grands navires modernes, à faciliter l'entrée et la sortie des bassins, bref, à mettre le port en état de garder sa clientèle, la loi de l'économie de l'effort menace très sérieusement de la lui faire perdre. Tel est le fait.

L'insuffisance actuelle des voies d'accès aux bassins a paru manifeste à tous ceux d'entre nous qui se sont rendus à Anvers le 23 avril. Mais aussi la visite des travaux en cours d'exécution les a frappés par leur ordonnance et leurs proportions grandioses. Ils s'en sont patriotiquement réjouis.

Nous terminons en ne concluant pas. Sans doute il n'est pas possible de présenter toujours le raisonnement sous la forme dubitative. Et les constatations soulignées dans cette note ont été comparées, réunies par des considérations affirmatives. Mais la méthode nous impose la prudence. Certaines constatations sont acquises. Quant aux réflexions, tenons-les pour autant d'hypothèses à vérifier.

Édouard Van der Smissen.

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
AUX FÊTES DU CENTENAIRE DE LE PLAY

—

La Société scientifique de Bruxelles a rendu dans sa dernière livraison un solennel hommage à la mémoire de Frédéric Le Play par la plume autorisée d'un de ses membres les plus éminents, M. le Ministre d'État Beernaert.

Elle a voulu aussi s'associer aux fêtes du centenaire de l'illustre sociologue : le Conseil général a délégué pour y assister M. Beernaert, président et M. Van der Smissen, secrétaire de la cinquième section.

Empêché au dernier moment de se rendre à Paris, M. Van der Smissen a pu du moins présenter au Congrès de la Société d'Économie sociale un mémoire qui sera publié dans le *Livre d'Or* du Centenaire. Cette communication a eu pour objet l'application de la méthode des monographies à l'étude de la fonction économique des ports maritimes et l'enquête de la Société scientifique.

A la demande des organisateurs du Congrès, M. Beernaert, au banquet de clôture, a pris la parole au nom des adhérents de l'étranger et a rappelé les services inappréciables que la méthode d'observation a rendus à la réforme sociale.

Il sera agréable à nos confrères et à nos lecteurs de trouver ici le texte de ce remarquable discours.

« Il est des renommées qui semblent solidement établies, mais dont l'éclat éphémère ne résiste pas à l'épreuve du temps. Quelques années suffisent pour qu'autour d'elles l'oubli se fasse. Il n'en est pas ainsi, ni des illustrations méritées, ni des choses vraiment grandes. Le recul des années ne fait que les mettre en lumière, et tel assurément

est le cas de Le Play. Son œuvre apparaît plus vaste et plus saine au fur et à mesure que les faits justifient mieux l'excellence de sa méthode et l'importance sociale des conséquences qu'elle peut produire. Déjà il est entré dans la sereine justice de l'histoire, et quelle fête jubilaire plus enviable que celle qui vient de lui être consacrée !

» Voici cinq jours que Paris — Paris ! — consacre à la gloire de Le Play. Elle a été célébrée par les hommes les plus considérables de notre temps, en un long cortège de disciples et d'admirateurs, et l'on peut dire que l'on a épuisé pour lui toutes les formules de l'éloge. Vous avez voulu cependant qu'à ce banquet se fît entendre encore une voix étrangère, et c'est du délégué de la Société scientifique de Bruxelles que vous avez bien voulu faire choix. Je vous en remercie pour elle qui appréciera cet honneur comme il convient. Je vous en remercie aussi pour moi, bien vivement, puisque vous me donnez ainsi l'occasion d'exprimer et mon admiration et ma reconnaissance pour celui que vous me permettrez d'appeler « le plus illustre des hommes de bien ».

» Vous avez voulu, Mesdames et Messieurs, que cette fête ne fût pas exclusivement française et vous avez eu raison, car l'œuvre de votre grand compatriote n'est pas à vous seuls. Elle avait en vue le bien de tous et appartient au monde. Et nous, les amis du dehors, nous saluons, nous vénérons la mémoire de Le Play, non seulement avec l'admiration de disciples, mais avec la reconnaissance de débiteurs qui proclament l'influence du Maître, dans le peu de bien qu'il leur a été donné de faire.

» Ce que je viens de dire est particulièrement vrai de la Belgique, votre sœur cadette, et plus spécialement de moi-même. Voici vingt-deux ans que le parti auquel j'appartiens dirige les affaires de la Belgique — longue période, même dans la vie d'une nation — et durant dix années, j'eus la responsabilité du gouvernail. Chez nous,

comme partout, et aujourd'hui encore, la situation était troublée et difficile. Tout est remis en question, tout change, comme la nature après les pluies d'orage. Il y a un monde d'idées, d'intérêts, de passions, de besoins nouveaux, vrais ou factices ; de puissantes aspirations au bien, de non moins vives sollicitations au mal.

» Ces situations-là, un gouvernement doit savoir les regarder en face. S'il a pour premier devoir de ne laisser toucher sous aucun prétexte aux bases éternelles de toute société, il faut aussi qu'il tienne compte de ce que commandent les faits nouveaux dans l'ordre psychologique et économique. Il y a toujours des maux à guérir, des remèdes à trouver, des améliorations à faire, des progrès à poursuivre. C'est à quoi notre petit pays s'est attaché, et si — je crois avoir le droit de le dire — nos efforts n'ont pas été vains, c'est grâce aux idées que Le Play n'a cessé de défendre, grâce à la méthode dont il a tracé les lignes avec une si clairvoyante sûreté.

» En 1886, le gouvernement, dont on annonçait bruyamment la chute, fit procéder à travers tout le pays à une vaste enquête sociale économique. Il voulait voir clair. On recueillit toutes les plaintes, on en vérifia le fondement, on écouta les petits comme les grands, en mettant les intérêts en présence. Ce fut quelque chose comme vos célèbres Cahiers de 89. Et n'est-ce pas ainsi que Le Play nous eût conseillé de procéder ? Puis, forts des constatations ainsi faites nous nous mîmes à l'œuvre, et en quelques années, vous le savez, la Belgique a élaboré une longue série de lois sociales auxquelles, dans un accès de justice, des adversaires eux-mêmes ont décerné le beau nom de Code du Travail.

» Je n'ai garde, Mesdames et Messieurs, de vous fatiguer de leur énumération, mais je puis dire que nous avons ainsi tenté de réaliser plus d'une idée chère à Le Play, et notre effort législatif a porté sur les matières les plus diverses : contrat de travail, conseils d'arbitrage, unions

professionnelles, mutualités, pensions de vieillesse, habitations ouvrières, conditions du règlement du travail, repos dominical, paternité et filiation, réparation des accidents, que sais-je encore ! Pour veiller à l'exécution et au développement de cette œuvre complexe et touffue, nous avons institué un ministère du travail. Et plus d'un parmi vous ont connu son premier titulaire, le regretté Nyssens, dont je salue en passant la mémoire.

» Tout à l'heure, Monsieur le président a fait allusion à mon intervention personnelle à ces choses. Il l'a fait en termes excessifs et dont je suis vraiment confus. Qu'il veuille agréer mes remerciements, comme vous tous, Messieurs, pour l'accueil que vous avez fait à ses paroles et qui m'a vivement touché.

» Mais il est certain que le mérite de ce qui s'est fait de bon en Belgique depuis un quart de siècle revient pour une bonne part à Le Play.

» Toujours, suivant sa méthode, toutes nos mesures ont été précédées d'une étude attentive des faits, tant à l'étranger que dans le pays. Et en bien des points, nos lois sont le reflet de sa doctrine. Je ne fais donc en ce moment que remplir un devoir d'élémentaire reconnaissance, et encore une fois je m'applaudis d'en avoir l'occasion.

» Quelques mois avant sa mort, Le Play disait, non sans mélancolie : « Je n'ai pas réalisé l'œuvre dont j'avais conçu la pensée ». Qui donc peut se vanter d'avoir accompli l'œuvre rêvée ? La vie humaine est si courte et le progrès est chose si complexe ! Mais, certes, Le Play n'a pas eu à se plaindre. — Quelle belle existence ! que de noblesse et d'unité dans l'idée et dans l'effort ! Au milieu d'une société fière de sa prospérité matérielle, il a, l'un des premiers, aperçu le péril social et poussé de trop justes cris d'alarme. L'un des premiers il a réagi contre des idées qui semblaient passées à l'état d'axiomes ; et,

voyant le mal, il a cherché le remède. Toujours il a fait preuve de la noble indépendance de l'esprit et du cœur.

» Et vraiment les résultats obtenus seraient-ils à dédaigner ? Ne serait-ce rien que d'avoir fondé une école et suscité un mouvement social absolument désintéressé, et qui ne fait que commencer ? Qui ne serait fier de la brillante théorie de disciples réunis autour de cette table, sans compter les innombrables amis du dehors ? Et si la France est jusqu'ici peu attentive, faudrait-il ne compter pour rien les sympathies plus actives du dehors, consacrées et réalisées par de nombreuses applications de sa méthode et de sa doctrine ?

» Et puis, il y a demain. — Demain ! — Demain dont on peut beaucoup craindre, mais dont on peut aussi beaucoup espérer, si l'on entre dans les voies indiquées par l'illustre défunt.

» C'est, Mesdames et Messieurs, du fond du cœur que j'offre à sa mémoire l'hommage ému de la Belgique reconnaissante, et plus spécialement de la Société scientifique de Bruxelles. »

BIBLIOGRAPHIE

I

1. N. I. Lobatchefskij. *Zwei geometrische Abhandlungen*, aus dem Russischen uebersetzt, mit Anmerkungen und mit einer Biographie des Verfassers von Fr. Engel, in-8° de xvi-476 pp. avec portrait. Leipzig, Teubner, 1899. Prix : 14 marcs.

2. N. J. Lobatchefskij's *imaginäre Geometrie und Anwendung der imaginären Geometrie auf einige Integrale*, aus dem Russischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von H. Liebmann, in-8° de xi-188 pp. avec 39 figures et 1 planche. Leipzig, Teubner, 1904. Prix : 8 marcs.

3. *Études géométriques sur la théorie des parallèles*, par N. I. Lobatchewsky, traduit de l'allemand par J. Hoüel, in-8° de iv-42 pp. (épuisé). Paris, Gauthier-Villars, 1866. Édition fac-similé 1900. Paris, Hermann. Prix : 5 fr.

4. *Pangéométrie* ou Précis de Géométrie fondée sur une théorie générale et rigoureuse des parallèles par N. J. Lobatchewsky. Réimpression fac-similé conforme à l'édition originale, petit in-4° de 63 pp. Paris, A. Herman, 1905. Prix : 5 francs.

I. Lobatchefsky (1793-1856), a trouvé, un peu avant 1826, donc après Gauss (1816) et Jean Bolyai (1823), mais a publié avant eux (1829) les principes de cette partie de la géométrie non euclidienne qui porte son nom. Pendant plus d'un quart de siècle, il n'a cessé d'attirer l'attention de ses contemporains sur la nouvelle géométrie, en en exposant les principes en russe, en français et en allemand. Mais il n'y a guère réussi : de son temps, il ne semble avoir eu qu'un seul lecteur ; il est vrai qu'il en valait mille, car c'était Gauss lui-même. Gauss fit nommer Lobatchefsky membre de la Société royale de Goettingue et il semble

avoir appris la langue russe surtout pour lire les grands mémoires de Lobatchefsky.

Ces mémoires sont restés inconnus ailleurs qu'en Russie, même après la publication des *Œuvres géométriques* de Lobatchefsky, en 1883-1886, par la Société physico-mathématique de Kazan, précisément parce qu'ils étaient écrits en russe.

Aujourd'hui, grâce à la publication des ouvrages dont le titre est en tête de ce compte rendu, l'œuvre entière de Lobatchefsky est accessible à tous les géomètres, soit en allemand, soit en français.

Les quatre mémoires traduits en allemand par MM. Engel et Liebmann contiennent l'ensemble des idées géométriques de Lobatchefsky, sous une forme développée mais parfois un peu confuse ; les *Recherches géométriques* et la *Pangéométrie* les renferment en abrégé et sous une forme plus claire, mais moins complète.

II. Voici une liste des travaux de Lobatchefsky, avec des indications sur la date de leur publication et sur les traductions qui en ont été faites.

Exposé direct. 1° En 1829 et 1830, Lobatchefsky fait paraître, en russe, dans le Messager de Kazan, le Mémoire intitulé : *Sur les premiers principes de la Géométrie.*

M. Engel en a donné une traduction allemande en 1899, dans le volume annoncé en tête de ce compte rendu.

2° De 1835 à 1838, Lobatchefsky publie dans les Mémoires de Kazan, les *Nouveaux principes de Géométrie avec une théorie complète des parallèles*, où il expose tout au long sous forme synthétique, à partir des notions premières sur l'espace, les bases du mémoire précédent.

M. Engel en a fait paraître une traduction allemande presque complète en 1899, dans le premier volume indiqué plus haut. M. Mallieux, de son côté, a donné une traduction française des huit premiers chapitres de ce mémoire, en 1901 (Voir Mathesis, 1901, (3), I, p. 271) (1).

Exposé indirect. En 1835, Lobatchefsky fait, dans les Mémoires de Kazan, un autre exposé de ses idées, sous le titre *Géométrie imaginaire ;* en 1836, il publie dans le même recueil les *Applications de la géométrie imaginaire à la recherche des*

(1) Bien antérieurement, Hoüel avait traduit les *Nouveaux principes* en français, mais il ne trouva pas d'éditeur. Frischauf a eu communication du manuscrit de Hoüel lorsqu'il écrivit les *Elemente der absoluten Geometrie* (Leipzig, Teubner, 1876).

intégrales définies. Ces mémoires sont écrits en langue russe ; mais il a aussi publié le premier en français, en 1837, dans le tome 17 du JOURNAL DE CRELLE, sous le titre *Géométrie imaginaire* (1).

M. Liebmann a traduit en allemand, dans le second volume annoncé en tête de ce compte rendu, les deux Mémoires russes dont il vient d'être question et, en outre, quelques pages de l'article du JOURNAL DE CRELLE qui ne se trouvent pas dans l'original russe.

Écrits de propagande. 1° En 1840, Lobatchefsky a publié à Berlin, en allemand, les *Recherches géométriques sur la théorie des parallèles* où il expose, avec beaucoup d'ordre, les premiers principes de la nouvelle géométrie.

Une seconde édition allemande des *Recherches* a paru en 1887 chez Mayer et Müller à Berlin ; une traduction française par Hoüel, à Paris, chez Gauthier-Villars, en 1866, et en 1900 chez Hermann ; une traduction anglaise par Halsted, à Austin, au Texas (et aussi à Tōkyō) en 1891.

2° Lobatchefsky a donné dans les MÉMOIRES de Kazan, en russe en 1855, en français en 1856, sous le nom de *Pangéométrie*, un résumé de beaucoup de ses recherches sur la géométrie.

C'est ce dernier ouvrage dont M. Hermann vient de reproduire le texte français, en fac-similé. Il a été traduit en italien, en 1867, par Battaglini, en allemand par Liebmann, en 1902 (Leipzig, Engelmann).

La *Pangéométrie* complète les *Recherches géométriques*, mais elle n'est pas rédigée avec le même soin.

III. *Sommaire des œuvres de Lobatchefsky.* A. *Exposé direct.* 1° *Sur les principes de la Géométrie* (Traduction d'Engel, pp. 1-66 ; notes, pp. 238-310). On trouve dans ce premier mémoire de Lobatchefsky presque toutes ses vues sur la géométrie, mais souvent sans démonstration.

Introduction : les défauts de la géométrie ordinaire. 1 à 5. Premières notions fondamentales, surface, ligne, point, sphère, cercle, plan, droite. 6. Les polyèdres réguliers. 7. Les cas d'égalité des triangles rectilignes ou sphériques. 8. Géométrie euclidienne ; géométrie imaginaire : sécante, parallèle (asymptote). La fonction F(a) (plus tard $\Pi(a)$). 9. Horicycle, horisphère. 10-13. Trigonométrie rectiligne et sphérique au moyen de la fonc-

(1) Nous avons exposé les idées fondamentales de cet article dans MATHESIS, 1897, (2), VII, pp. 112-117, 134-139, 158-161.

tion F. Valeur de F. 14. La géométrie est euclidienne pour les triangles infiniment petits. 15. Comment l'astronomie peut permettre de savoir si la géométrie physique est non euclidienne. 16-23. Équations de la droite, du cercle, de l'horicycle ; mesure des arcs de courbes, de la circonférence, de l'horicycle ; propriétés des quadrilatères. 24-36. Les aires planes ou courbes. 37-48. Les volumes, avec application à la recherche des intégrales.

Les notes de M. Engel contiennent un commentaire explicatif complet de ce premier mémoire de Lobatchefsky, qui, sans ces notes détaillées, est très difficile à comprendre.

2° *Nouveaux principes de la Géométrie* (Traduction d'Engel, pp. 67-236 ; notes, pp. 311-344). *Introduction :* Critique des tentatives de Legendre et de Bertrand pour démontrer le postulatum d'Euclide ; examen des définitions habituelles des premières notions géométriques (pp. 67-83). I. Premières notions géométriques, contact, sections, surface, ligne, point, distance, (pp. 83-93). II. Sphère, cercle, plan, droite (pp. 93-109). III. Mesure des droites, des angles plans, des angles dièdres (pp. 110-118). IV. Droites et plans perpendiculaires (pp. 118-133). V. Mesure des angles solides. Étude des triangles sphériques (pp. 133-154). VI. Égalités des triangles rectilignes et des triangles sphériques (pp. 154-165). VII. Droites parallèles (asymptotiques) (pp. 165-184). VIII. Horicycle, horisphère, triangle sur l'horisphère (pp. 185-196). IX. Les fonctions trigonométriques (pp. 197-206). X. La relation entre l'angle du parallélisme (asymptotisme) et la perpendiculaire correspondante (pp. 207-218). XI. La trigonométrie non euclidienne (pp. 218-235). — Le traducteur a laissé de côté les chapitres XII et XIII, traitant de la résolution des triangles rectilignes dans la géométrie ordinaire et de la résolution des triangles sphériques rectangles.

Le commentaire de M. Engel sur les *Nouveaux principes* est moins étendu que celui qui est relatif au premier mémoire de Lobatchefsky, parce que, dans les *Nouveaux principes*, les démonstrations sont, en général, suffisamment explicites.

Outre une belle notice sur la vie et les œuvres de Lobatchefsky (pp. 349-449), l'ouvrage de M. Engel renferme des index très soignés et diverses notes complémentaires.

B. *Exposé indirect.* Dans les deux mémoires dont il vient d'être question, Lobatchefsky déduit des notions premières sur l'espace, les formules de la trigonométrie non euclidienne, puis toute la géométrie infinitésimale. Dans le mémoire intitulé

Géométrie imaginaire (1835, en russe, 1837, en français), il part au contraire des formules de la trigonométrie non euclidienne, dont la compatibilité avec les premières notions géométriques est presque évidente. Voici un aperçu des matières traitées dans la *Géométrie imaginaire* et dans les *Applications de la géométrie à la recherche de quelques intégrales*, traduites en allemand par M. Liebmann

1° *Géométrie imaginaire* (pp. 1-50 de la traduction de M. Liebmann). Introduction : les défauts de la Géométrie. 1-3. Trigonométrie non euclidienne. 4. Différentielle d'un arc de courbe plane. 5. Différentielle d'une aire plane. 6-10. Aire du cercle ; intégrales doubles diverses. 11. Volume et aire des surfaces courbes. 12. Cas des surfaces de révolution. 13-15. Autres expressions pour le volume de la sphère. 16-20. Autres formules de cubatures, avec application au cône asymptotique et à la pyramide à faces toutes rectangulaires.

2° *Applications à la recherche de quelques intégrales* (pp. 51-130 de la traduction de M. Liebmann). I. Préliminaires : formules fondamentales de la trigonométrie non euclidienne. Aire plane et volume. Intégrale de $\log\cos x dx$. II. Intégrales trouvées par transformations simples. III. Cônes finis et cônes asymptotiques. IV. Pyramides finies et pyramides asymptotiques. V. Liste de cinquante intégrales trouvées au moyen de la géométrie imaginaire.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que Lobatchefsky, pas plus que Gauss, Bolyai ou aucun autre géomètre, n'est parvenu à trouver le volume de la pyramide non euclidienne en fonction explicite de ses côtés, bien qu'il ait attaqué et retourné la question de toutes les manières.

Dans ses notes (pp. 131-188), M. Liebmann a commenté les mémoires de Lobatchefsky et il a corrigé un grand nombre de fautes d'impression et autres qui se trouvent aussi bien dans la première édition russe (1835-1836) que dans la seconde (1883).

C. Les *Recherches géométriques* et la *Pangéométrie*. 1° *Recherches géométriques*. Ce court opuscule est le plus clair de tous ceux qu'ait écrits Lobatchefsky. 1-15. Propositions de la géométrie qui ne dépendent pas du postulatum d'Euclide. 16-25. Définition et propriétés des parallèles (asymptotes) lobatchefskiennes. 26-30. Conséquences diverses ; propriétés de l'angle d'asymptotisme. 31-34. Horicycle, horisphère. 35-37. Établissement de la trigonométrie lobatchefskienne. Par elle-même, cette trigonométrie suffit à établir la légitimité de la géométrie

non euclidienne (c'est l'idée fondamentale de la *Géométrie imaginaire).*

2° *Pangéométrie.* 1. Résumé de la partie la plus élémentaire des *Recherches géométriques* (pp.279-285). 2. Trigonométrie sphérique établie indépendamment du postulatum d'Euclide (pp. 285-292). 3. L'angle α que fait une droite avec la perpendiculaire de longueur x abaissée d'un de ses points sur une droite asymptote de la première est tel que $\sin\alpha \operatorname{ch} x = 1$ (pp. 292-295). 4. Trigonométrie lobatchefskienne (pp. 295-301). 5. Équation du cercle ; longueur de la circonférence ; longueur d'un arc de cercle-limite (pp. 301-304). 6. Équation de la ligne droite ; quadrilatère birectangle, distance de deux points ; expression de la différentielle d'un arc de courbe (pp. 304-312). 7. Aires planes (pp. 312-323). 8. Aires courbes (pp. 323-333). 9. Volumes (pp. 333-338). 10. Conclusion : la géométrie euclidienne n'est pas une conséquence nécessaire de nos notions sur l'espace (pp. 338-340).

IV. *Un livre à faire sur Lobatchefsky.* Tous les écrits de Lobatchefsky, à part les *Recherches géométriques* de 1840, sont pénibles à lire, pour diverses raisons : 1° ils se superposent et se supposent partiellement de manière qu'ils renferment beaucoup de répétitions et en même temps ne peuvent être lus à part parce qu'ils s'appuient les uns sur les autres. 2° Les subdivisions et l'ordre des matières traitées n'y sont pas assez accusés ni assez logiques ; on ne voit goutte dans cette forêt inextricable, que quand on l'a traversée tout entière, dit Gauss, en exagérant un peu. 3° Enfin et surtout, Lobatchefsky a des notations détestables, parce qu'il n'emploie pas les fonctions hyperboliques. Il désigne par $F(x)$ dans son premier mémoire, par $\Pi(x)$ plus tard, l'angle α de parallélisme (asymptotisme) correspondant à une perpendiculaire x. Lorsqu'il a démontré que $\sin\alpha . \operatorname{ch} x = 1$, il continue à se servir de la notation $\alpha = \Pi(x)$ et, par suite, au lieu de

$$\operatorname{ch}x,\ \operatorname{sh}x,\ \operatorname{th}x,\ \operatorname{coth}x,\ \operatorname{séch}x,\ \operatorname{coséch}x,$$

il écrit :

$$\operatorname{coséc}\Pi(x),\ \operatorname{cot}\Pi(x),\ \cos\Pi(x),\ \operatorname{séc}\Pi(x),\ \sin\Pi(x),\ \operatorname{tang}\Pi(x).$$

En employant ces notations quand elles ne sont plus nécessaires, *il voile toutes les analogies de la trigonométrie et de la métrique lobatchefskiennes avec la trigonométrie et la métrique sphériques.*

Nous faisons le vœu qu'un jeune géomètre traduise en notations modernes, au moyen des fonctions hyperboliques, et fonde

en un seul exposé continu, nettement divisé et subdivisé, l'ensemble des écrits géométriques de Lobatchefsky. Alors et alors seulement, on saura combien le géomètre de Kazan a approfondi les premiers principes de la géométrie et comme il a poussé loin l'étude de la partie de la science dont il est le principal créateur.

P. Mansion.

II

Sammlung von Formeln und Sätze aus dem Gebiete der elliptischen Funktionen nebst Anwendungen, von J. Thomae, Jena. Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1905 (In-4° cartonné de IV-44 pp.). Prix : 2 marcs 80.

Il existe maintenant plusieurs recueils plus ou moins étendus de formules de la théorie des fonctions elliptiques. 1° Hoüel, dans son *Recueil de formules et de tables numériques* (Paris, Gauthier-Villars, 1866), donne, en trente-huit pages, les formules de la théorie des fonctions thêta, celles qui expriment les principales propriétés de *snu*, *cnu*, *dnu* et des intégrales elliptiques et leurs relations avec les fonctions thêta ; il fait l'application de ces formules et des tables numériques y relatives, à trois questions, l'aire de l'ellipsoïde, la longueur de la géodésique d'un sphéroïde de révolution, le mouvement de rotation d'un corps solide. 2° L'excellent *Abriss einer Theorie der Functionen einer complexen Veränderlichen und der Thetafunction*, de M. Thomae (Dritte Auflage, Halle a. S., Nebert), contient en appendice une liste de dix pages in-4° de formules relatives aux fonctions thêta, aux fonctions et aux intégrales elliptiques de Legendre et de Jacobi. 3° Les ouvrages de MM. Appell et Lacour, de M. L. Levy, de MM. Tannery et Molk sur les fonctions elliptiques se terminent tous par des recueils de formules relatives à la fois aux fonctions de Jacobi et à celles de Weierstrass (8 pages pour le premier ; 9 pour le second, plus des tables ; 146 pp. pour le troisième). De ces trois collections, l'une, celle de MM. Appell et Lacour, a paru en tirage à part, avec quelques additions, sous le titre : *Principales formules de la théorie des fonctions elliptiques* (Paris, Gauthier-Villars, 1900 ; dix pages). 4° M. Schwarz a publié en 1885, une première édition, en 1893, une seconde

édition d'un recueil in-4° intitulé : *Formeln und Lehrsätze zum Gebrauche der elliptischen Functionen* (Berlin, Reiner), dont la première partie seule a paru (traduction française par M. Padé, Paris, Gauthier-Villars, 1894, VIII-96 pages). Ce recueil est fait d'après les leçons sur les fonctions pu, σu, de Weierstrass et, naturellement, les fonctions de Legendre et de Jacobi y sont à l'arrière-plan.

Les fonctions de Weierstrass se prêtent moins bien que celles de Legendre et Jacobi aux calculs numériques, et les travaux d'analyse écrits avec les notations anciennes sont trop importants et trop nombreux pour qu'on puisse réduire la théorie des fonctions elliptiques aux fonctions de Weierstrass. C'est pourquoi M. Thomae a cru devoir publier à son tour un recueil de formules et de théorèmes complément de celui de Schwarz. C'est celui que nous annonçons.

Comme le livre de M. Schwarz, celui de M. Thomae contient plus que son titre ne le promet. En réalité, c'est l'esquisse très concise, mais très complète, d'un cours sur les fonctions elliptiques de Legendre et de Jacobi. Il se divise en deux parties : Théorie, Applications.

La première partie traite d'abord des propriétés fondamentales des fonctions thêta (§§ 1 à 8) : Définitions, zéro, facteurs, périodicité, relation entre k et q, théorème d'addition, transformation simple du quatrième ordre, relation de Jacobi entre quatre thêta. Vient ensuite l'étude des fonctions snu, cnu, dnu (§§ 9 à 21) : définition par les fonctions thêta, périodicité, valeurs remarquables, théorème d'addition, dérivation, théorèmes de Liouville, variation de ces fonctions quand k est réel, ou imaginaire ; transformation simple ; transformation de Landen ; quelques paragraphes sur l'expression de q en k et le calcul de K ou de la variable quand le module et snu sont donnés (§ 13, 20). Les §§ 22 à 27 sont consacrés aux intégrales de seconde espèce sous diverses formes, les §§ 28 et 29 à celles de troisième espèce. Dans les suivants (30 à 36), l'auteur s'occupe de la réduction des intégrales elliptiques quelconques aux formes normales de Legendre, de Riemann et de Weierstrass. Enfin, les derniers paragraphes de la première partie (37 à 42) traitent des équations modulaires, des intégrales F, E de Legendre, de la moyenne arithmético-géométrique de Gauss, de u comme fonction de snu et D(snu), de quelques cas où la somme de deux intégrales du troisième ordre s'exprime au moyen d'une autre intégrale du troisième ordre, de $log\ snu$, $log\ cnu$, $log\ dnu$, etc.

La seconde partie est un recueil des applications les plus intéressantes de la théorie des fonctions elliptiques, plus riche qu'aucun des traités que nous connaissions ; on regrette seulement de ne pas y trouver la surface de l'ellipsoïde. 1. Pendule circulaire. 2. Pendule parabolique. 3. Arc d'ellipse. 4. Pendule sphérique. 5. Longueur et aire de l'ellipse sphérique. 6-9. Construction de Jacobi pour le théorème de l'addition ; problème de la fermeture du polygone de Poncelet. 10. Addition et division des arcs de lemniscate. 11-15. Représentations diverses (ellipse, rectangle, carré dans le cercle ; triangle isoscèle dans un demi-plan ; parallélogramme dans un anneau circulaire). 16. Potentiel logarithmique. 17. Surface minima de Schwarz. 18. Surface élastique. 19. Ligne géodésique d'un ellipsoïde. 20. Application des théorèmes de Liouville à une cubique.

L'auteur a cru devoir abandonner les notations de Gudermann, *snu*, *cnu*, *dnu*, etc., qui, de fait, sont pourtant presque universellement employées ; il les remplace par *sau*, *cau*, *dau* ; ensuite, au lieu de *sa* (—*u*), il écrit *sa*—*u* en supprimant les parenthèses ! Il introduit aussi la fonction *jau* qui est égale à (*k'snu* : *dnu*). Nous doutons fort que ces innovations aient du succès et, à la place de l'auteur, nous les abandonnerions quand une seconde édition de son excellent recueil sera nécessaire. Selon nous, le polymorphisme des notations aussi bien dans la théorie des fonctions elliptiques de Legendre et de Jacobi que dans celle de Weierstrass est un des obstacles à la diffusion de cette partie de l'analyse.

P. Mansion.

III

Methodik der elementaren Arithmetik in Verbindung mit algebraischer Analysis von Dr Max Simon. Mit 9 Textfiguren. Un vol. in-8° de vi-108 pages. — Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1906.

La *Méthode d'Arithmétique élémentaire* de M. Max Simon est bien plus un cours de pédagogie qu'un vrai traité d'arithmétique. L'auteur nous y donne le texte de ses leçons à l'université de l'empereur Guillaume, pendant le semestre d'été 1904. Son but était d'initier les étudiants à l'enseignement de l'arithmé-

tique et de l'algèbre dans les neuf classes des hautes Écoles et de leur apprendre à procéder méthodiquement et par degrés.

L'ouvrage se compose de deux parties parallèles : la généralisation de la notion du nombre, depuis le simple concept du nombre jusqu'à celui du nombre complexe ; la résolution algébrique des équations.

Le concept du nombre développable en série et le calcul de ces nombres ont été l'objet d'une attention spéciale. L'auteur s'attache à la méthode de Georg Cantor, supérieure, à son avis, à celles de Dedekind et de Weierstrass.

Tout le volume de M. Max Simon est des plus intéressants, plein de remarques de bon sens.

Autre qualité bien rare : M. Max Simon multiplie partout les notions historiques; et ces notions, toujours heureusement choisies, sont aussi toujours très exactes, mérite qui vaut bien la peine d'être signalé.

Voici le plan de l'auteur :

Introduction. 1° Nombre et nombres. 2° Addition. 3° Soustraction. 4° Introduction des quantités négatives.

Opérations du 2d degré. 5° Multiplication. 6° Division. 7° Calcul des fractions. 8° Calcul décimal. 9° Calcul des nombres concrets. 10° Équations du 1r degré. 11° Calcul des nombres développables en séries.

Opérations du 3e degré. 12° Puissance et racines. 13° Équations quadratiques. 14° Logarithmes. 15° Théorème du binôme. 16° Équations cubiques. 17° Nombres complexes. 18° Complément de la théorie des équations du 3e degré. Les équations des 4e et 5e degrés. 19° Fonction exponentielle. 20° Les logarithmes naturels.

H. B.

IV

Grundriss einer analytischen Geometrie der Ebene von J. Thomae in Jena. Mit 8 Figuren im Text. Un vol. in-8° de x-184 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905.

La préface du professeur d'Iéna fait bien connaître le but et l'esprit de son livre. Je la traduis, mais un peu librement.

" Pour aider mes élèves, dans mes leçons de Géométrie ana-

lytique plane, dit-il, je me suis contenté, pendant bien des années, de leur mettre entre les mains un simple *squelette*, composé de l'énoncé des propositions et d'un très court aperçu de leurs démonstrations. Les exemplaires du *squelette* sont épuisés. Cédant au désir de mes amis, je l'édite en le développant un peu. Mon intention n'est pas de rendre ainsi l'explication orale superflue, mais je veux mettre les étudiants à même de suivre la leçon, sans la préoccupation distrayante de notes à prendre, préoccupation qui rend souvent la classe pénible à suivre.

„ Mon *Précis* comprend la géométrie du point, de la droite et du plan. Dans cette dernière, j'ai soumis les coniques, la collinéation et la dualité à une discussion approfondie. De nos jours, les élèves connaissent bon nombre des propriétés des coniques définies par leurs équations rapportées à des axes de coordonnées. Après avoir étudié à fond le cercle, il est donc permis de passer immédiatement aux équations des coniques sous leur forme la plus générale. A mon ouvrage est jointe une table analytique des matières. Le lecteur qui se donnera la peine de la consulter, sera vite renseigné sur les sujets traités.

„ Un *Précis* ayant pour objet une matière souvent rebattue ne peut guère prétendre à la nouveauté. Il y aurait cependant, j'aime à le croire, exagération à dire que mon opuscule ne contient rien de neuf. Toutefois, mon but principal a été d'y suivre toujours un ordre très systématique. Les propositions élémentaires de la Géométrie projective doivent, d'après moi, marcher de pair avec les propositions de la Géométrie analytique. Je les ai démontrées par la voie analytique. Au surplus, je n'ai pas négligé les propriétés métriques.

„ Mon ouvrage était déjà sous presse, quand j'eus connaissance des *Leçons de Géométrie analytique* de MM. Heffter et Köhler qui venaient de paraître chez mon éditeur. Les auteurs de ces *Leçons* passent, comme moi, de la Géométrie à une dimension, à celle à deux dimensions. Pour moi, voilà tantôt vingt ans que je suis cette méthode. Nos ouvrages se rencontrent, naturellement, en bien des points. C'est la conséquence nécessaire de l'identité des sujets traités. Entre les *Leçons* de MM. Heffter et Köhler et mon *Précis* il y a cependant une différence importante. Le *Précis* ne se contente pas de classer, il étudie les constructions. Consultez au contraire, au mot *Construction*, la table analytique des matières des *Leçons*, vous n'y trouverez qu'un seul renvoi : la construction du quatrième rayon d'un faisceau harmonique dont trois rayons sont donnés.

„ Puisse mon *Précis* remplir le but pour lequel il a été écrit ! Puisse-t-il faciliter aux élèves l'étude de la Géométrie analytique et de la Géométrie projective ! „

Les chapitres du *Précis* de M. Thomae n'ont pas de numéros d'ordre. Je crois utile de les ajouter.

1° Introduction. 2° La Géométrie sur une droite et sur un faisceau. 3° Coordonnées points, dans le plan. 4° Dualité et coordonnées lignes. 5° Des Déterminants. 6° Classification des Coniques. Diamètres conjugués. 7° Propriétés métriques des Coniques. 8° Coniques passant par cinq points. 9° Similitude des Coniques. 10° Pôles et polaires. Dualité. 11° Collinéation. 12° Théorèmes et propositions complémentaires,

H. B.

V

Étude sur les Assurances-Vie. Calcul des primes suivant la notation des Actuaires, par Jean Schul, S.J., professeur d'algèbre financière à l'École supérieure de commerce Saint-Ignace, à Anvers. Un vol. in-12 de VII-69 pages. — Bruxelles, Polleunis et Ceuterick, 1906.

Il y a quelques années, le Bulletin de la Société des Actuaires belges (1) attirait l'attention sur la nécessité de donner aux futurs instituteurs des notions élémentaires de science actuarielle. Il y a, en effet, certaines préventions à l'endroit des œuvres de prévoyance, certaines objections spécieuses tirées de l'idée de profits exagérés et illicites réalisés par les sociétés d'assurances, que l'on ne peut vaincre ou rétorquer sans posséder une connaissance exacte des principes du calcul des probabilités, sans joindre à des arguments d'ordre moral des arguments de pur raisonnement. Il y a une autre raison à diffuser la science des actuaires, à en extraire les choses les plus essentielles, celles qui sont d'une application quotidienne et ordinaire : le nombre de ceux qui sont appelés, soit directement, soit indirectement, à s'occuper de la prévoyance sous ses différentes formes n'a cessé et ne cessera encore de s'accroître. A cet égard, certaines lois sociales, lois sur les pensions de vieillesse, lois sur les accidents

(1) Bulletin de la Société des Actuaires belges, 15 juin 1899.

du travail, lois sur les mutualités, ont imposé par intérêt ou par devoir professionnel aux chefs d'industrie et à de nombreux fonctionnaires des connaissances nouvelles. Évidemment, il ne faut pas exagérer et considérer la science des actuaires comme une panacée. Au IVe Congrès international d'actuaires, tenu à New-York, en 1903, l'un des rapporteurs américains estimait que l'étude scientifique des questions relatives à la prévoyance serait utile aux étudiants en droit et en théologie, en ce sens qu'elle les mettrait constamment en présence de rapports de causes à effets. On peut être assez surpris de voir la théologie en cette affaire. Mais parlons sérieusement.

A l'Université de Göttingen on a institué des cours embrassant tout ce que doivent connaître les actuaires : économie politique, statistique, jurisprudence, etc. ; après avoir fréquenté ces cours pendant deux années, on peut acquérir le diplôme d'expert d'assurances de l'État. Dans certaines Écoles supérieures de commerce de l'Allemagne, à Aix-la-Chapelle, à Cologne, à Dresde, à Francfort-sur-Mein, on enseigne la théorie et la pratique des assurances sur la vie.

Partout les organismes d'assurances s'accroissent avec rapidité, demandant pour leur fonctionnement un personnel de plus en plus nombreux. Au 1er janvier dernier, l'on comptait en Belgique 336 compagnies, dont 86 pour les incendies, 72 pour les accidents, 112 pour les assurances-vie, 9 pour la mortalité du bétail, 57 pour des objets divers : bris de glaces, vol, grêle, etc... (1).

En matière d'actuariat, il y a les spécialistes, les dirigeants, c'est le petit nombre ; il y a aussi un notable contingent d'adjoints et la grande masse des exécutants. Beaucoup de jeunes gens ont devant eux une carrière, laquelle, de caractère vague il y a quelques années encore, s'est aujourd'hui précisée et demande que l'on soit bien préparé à y entrer.

La science actuarielle est une application du calcul des probabilités, application devenue possible lorsque la statistique a fourni les indications nécessaires à l'appréciation de la fréquence des risques qu'il s'agissait de couvrir. Cette science est condensée dans le *Text-Book* de l'Institut des actuaires de Londres (2),

(1) Le Moniteur des Assurances belges et étrangères, 10 février 1906.

(2) *Text-Book* de l'Institut des actuaires de Londres, contenant la théorie de l'intérêt des annuités viagères et des assurances sur la vie avec leurs applications pratiques. Traduit de l'anglais par Amédée Begault, ancien officier d'artillerie, actuaire de la Compagnie belge des assurances générales. Bruxelles, Bruylant-Christophe et Cie, 1894.

ouvrage classique qui fait autorité et dont la valeur n'est dépassée par aucun autre. Mais sa lecture est longue, elle n'est pas à la portée de tous ; ce n'est point le livre des novices et des écoliers. Il faut pour l'enseignement des manuels qui, s'inspirant des principes et des règles contenus dans le *Text-Book*, exposent d'une façon claire, exacte et méthodique les préliminaires de la science actuarielle, en résument les applications, en donnent les formules usuelles. Se plaçant à ce point de vue, le R. P. Schul, professeur d'algèbre financière à l'École supérieure de commerce Saint-Ignace, à Anvers, a eu l'heureuse inspiration d'écrire à l'intention de ses élèves — mais bien d'autres en profiteront — une étude sur les assurances-vie qui contient le calcul des primes suivant la notation universelle des actuaires.

On pourrait croire la question de notation assez indifférente, il n'en est rien. Les applications de la science actuarielle sont multiples et complexes ; par raison de synthèse, de rapidité et de facilité de calcul, on a cherché à représenter les données et les résultats par des signes qui fussent d'un emploi général et formassent dans leur ensemble un alphabet particulier admis dans tous les pays. Pour des motifs analogues, le Congrès d'électricité de 1881 a fixé les unités électriques. C'est en 1895, au premier Congrès international d'actuaires (1), que l'adoption d'une notation universelle fut proposée. En 1898, au deuxième Congrès (2), l'on fit choix de la notation de l'Institut des actuaires de Londres. En employant cette notation dans son manuel, le R. P. Schul a mis dans la main de ceux de ses élèves qui chercheraient carrière dans les compagnies d'assurances un outil réellement pratique.

La lecture de l'ouvrage du jeune et distingué professeur de l'Institut Saint-Ignace se recommande à tous ceux qu'intéressent les questions de prévoyance. J'en donne ci-après la table des matières ; les intitulés des paragraphes montreront de quelles combinaisons diverses s'occupe aujourd'hui la science actuarielle, qui, pour la cinquième fois en onze ans, va tenir prochainement ses assises solennelles (3).

(1) *Premier Congrès international d'actuaires*, Bruxelles, 2-6 septembre 1895. Documents, 2e édit. Bruxelles, Bruylant-Christophe et Cie, 1900.

(2) *Transactions of the Second International Actuarial Congress*, may 16-20, 1898. London, Charles and Edwin Layton, 1899.

(3) Les Congrès internationaux d'actuaires se sont tenus à Bruxelles, en 1895, à Londres, en 1898, à Paris, en 1900, à New-York, en 1903 ; le cinquième se tiendra à Berlin au mois de septembre de cette année.

Première partie. — *Notions générales sur les assurances-vie.*

Deuxième partie. — *Étude mathématique des primes.*

Chapitre I. — *Assurances sur une tête.* — Assurance-vie entière. — Assurance-vie entière à prime temporaire. — Assurance différée à prime temporaire. — Assurance temporaire. — Assurance différée temporaire. — Assurance mixte. — Assurance à terme fixe. — Assurance mixte à capital doublé. — Assurance avec participation aux bénéfices. — Calcul des chargements. — Valeur d'une police à une époque donnée. — Valeur d'une police libérée. — Assurances payables au décès. — Primes.

Chapitre II. — *Rentes viagères sur une tête.* — Rente viagère immédiate. — Rente viagère différée. — Rente viagère temporaire immédiate. — Rente viagère temporaire différée.

Chapitre III. — *Relations entre les assurances-vie et les rentes viagères.*

Chapitre IV. — *Opérations sur deux têtes.*

Section 1. — *Rentes viagères.* — Rente viagère immédiate sur deux têtes. — Rente viagère différée sur deux têtes. — Rente viagère temporaire sur deux têtes. — Rente temporaire différée sur deux têtes.

Section 2. — *Assurances-vie.* — Assurance-vie entière immédiate d'un groupe de deux têtes. — Assurance différée sur deux têtes. — Assurance temporaire sur deux têtes. — Assurance différée temporaire sur deux têtes. — Assurance mixte sur deux têtes. — Prime annuelle d'une assurance sur deux têtes.

Section 3. — *Annuités de survie.* — Annuité de survie. — Annuité de survie immédiate. — Annuité de survie différée. — Annuité de survie temporaire.

Section 4. — *Assurance dotale.*

Appendice. — Résumé des primes comprenant une représentation graphique des contrats d'assurances-vie et des rentes viagères sur une tête.

C. Beaujean.

VI

Karl Schellbach. Rückblick auf sein wissenschaftliches Leben nebst zwei Schriften aus seinem Nachlass und Briefen von Jacobi, Joachimsthal und Weierstrass herausgegeben von Felix Müller, mit einem Bildnis Karl Schellbachs. Un vol.

in-8° de 86 pages et un portrait hors texte. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905 (1).

C'est avec curiosité que j'ai ouvert ce volume. Tout un fascicule des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN consacré à Schellbach ! Un nom si peu connu occupant tant de place dans une collection de l'importance des ABHANDLUNGEN !

En dehors de l'Allemagne, que savait-on de Charles Schellbach ?

Il avait écrit de nombreux articles sur des questions de mathématiques assez diverses, et sa signature se lisait souvent dans les Revues allemandes. Il était aussi l'auteur d'un grand ouvrage, *Die Lehre von den elliptischen Integralen und den Theta-Funktionen* (Berlin, G. Reimer, X-440 pp.). Enfin et surtout, quand, à la mort de Crelle (6 octobre 1855), C. W. Borchardt prit la direction du JOURNAL FÜR DIE REINE UND ANGEWANDTE MATHEMATIK, on put lire pendant plusieurs années sous la signature du rédacteur en chef, les mots : " unter Mitwirkung von Steiner, *Schellbach*, Kummer, Kronecker und Weierstrass „. N'importe, le nom de Schellbach semblait pâlir à côté des noms illustres imprimés sur la même ligne. Schellbach, la chose était notoire, n'était membre d'aucune grande Académie, pas même de celle de sa patrie.

Cette exclusion, nous dit M. Félix Müller, était un vrai préjugé de caste. Schellbach appartint toujours à l'enseignement moyen. L'Académie eût cru déroger en admettant dans son sein un professeur de cet enseignement, quel que fût d'ailleurs le mérite du savant. Peu importe la raison, Schellbach n'y a rien perdu ; membre de l'Académie de Berlin, son heureuse influence sur l'enseignement moyen n'en fût pas moins restée son vrai titre de gloire.

Charles Schellbach naquit le 25 décembre 1804 et mourut le 1er avril 1889. Mathématicien, il eut un talent particulier pour dénouer les problèmes embrouillés et épineux, les rendre accessibles à tous, les faire entrer dans l'enseignement courant, en un mot, les rendre classiques en les mettant en pleine lumière. Organisateur des études, son action fut excellente. Il eut l'art d'intéresser plusieurs fois à ses projets de réforme le prince et

(1) Ce volume forme le premier fascicule du tome 20 des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN begründet von Moritz Cantor.

la princesse royale de Prusse. Grâce à leur puissant concours, il put faire adopter les mesures les plus utiles. Il avait même rêvé de doter Berlin d'un Institut scientifique créé sur le modèle de l'École Polytechnique de Paris. Ce projet n'aboutit pas, mais M. Félix Müller nous donne, en appendice, le rapport très étudié que Schellbach avait écrit dans ce but.

L'*Aperçu sur la vie scientifique de Charles Schellbach* est lui-même un résumé; nous ne pouvons songer à le résumer davantage sans lui enlever tout intérêt, mais nous voudrions en avoir dit assez pour engager à le lire.

L'auteur divise son travail en deux parties :

Dans la première il nous donne un exposé succinct des réformes que Schellbach introduisit dans l'enseignement moyen, ainsi que l'analyse de ses principaux mémoires. La seconde partie contient des pièces justificatives. Ces pièces sont au nombre de sept : le rapport sur la fondation d'un Institut des sciences, à Berlin, dont nous venons de parler ; une dissertation de Schellbach " Sur l'utilité et l'importance des mathématiques „ ; enfin cinq lettres inédites adressées à notre savant par des correspondants illustres, Jacobi (1), Joachimsthal (2), Weierstrass (2). La première des deux lettres de Weierstrass, datée du 10 octobre 1860, est la plus curieuse. On y trouve la démonstration analytique d'un théorème de Steiner.

En tête de son volume, M. Félix Müller nous donne un beau portrait de Schellbach.

H. Bosmans, S. J.

VII

Bellino Carrara, S. J., Professore di Calcolo Infinitesimale nell' Università Gregoriana. L' " Unicuique suum „. a Galileo, Fabricius e Scheiner nella scoperta delle macchie solari. Un vol. in-4° de v-183 pages. — Roma, Cuggiani, 1906 (1).

Dans la livraison de janvier 1904 de cette Revue, rendant compte de l'ouvrage du P. Schreiber, S. J., intitulé : *P. Christoph Scheiner, S. J., und seine Sonnenbeobachtungen*, je disais (2) :

(1) Tirage à part d'un mémoire publié dans les tomes XXIII et XXIV des Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei.

(2) Tome LV, pp. 298-299.

" Le P. Schreiber s'en tient à l'analyse de la *Rosa Ursina* sans entrer dans les querelles de priorité qu'elle soulève entre les partisans de Galilée, de Scheiner et de Fabricius. Galilée a été trop bien défendu par M. Favaro dans l'*Édition nationale des Œuvres de Galilée* (Florence, 1895, t. V, pp. 9-19) pour qu'il soit nécessaire de transcrire ici les titres des autres articles écrits en sa faveur. A ceux qui voudraient connaître les droits de Scheiner, j'indiquerai sa biographie : *Christoph Scheiner als Mathematiker, Physiker und Astronom*, Bamberg, 1891, par A. von Braunmühl, qui forme le 24e volume de la Bayerische Bibliothek. Enfin la cause de Fabricius a été plaidée par Gerhard Berthold dans une brochure intitulée : *Der Magister Fabricius und die Sonnenflecken nebst einem Excurse über David Fabricius*, Leipzig, 1894. Berthold y réédite (pp. 29-38) la partie principale du rarissime opuscule *Joh. Fabricii Phrysii de maculis in sole observatis*... Witebergae... M.DC.XI. "

Le P. Carrara reprend aujourd'hui ce vieux problème, pour le discuter de nouveau sous toutes ses faces. Outre les sources d'informations nommées ci-dessus dans ma note, l'auteur puise à d'autres encore. Il en résulte un travail d'ensemble très curieux. A propos de cette étude des sources, j'ai regretté cependant de ne pas y avoir trouvé l'analyse approfondie du *Prodromus* de Scheiner. Je n'en fais pas de reproche à l'auteur. Le *Prodromus* est rarissime, et quelques-unes des plus grandes bibliothèques de l'Europe, le British Museum, par exemple, ne le possèdent pas. Le P. Carrara est parfaitement excusable de ne pas l'avoir rencontré. J'en connais un exemplaire à la Bibliothèque royale de Belgique (1), et M. Favaro en a signalé un autre à l'Observatoire de Brera à Milan (2). Voici pourquoi j'eusse

(1) Il est coté V. 5184. En voici le titre : *Prodromvs pro sole mobili et terra stabili, contra academicvm florentinvm Galilæum a Galilæis avthore R. P. Christophoro Scheinero Societatis Iesv, ante annos 20. et amplivs elvcvbratvs, qvi nvnc primvm in pvblicam lvcem prodit svb avspiciis Ferdinandi III Cæsaris Avgvstissimi. Anno 1651.* Les PP. De Backer et Sommervogel ne l'ont jamais vu *(Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*... Nouvelle édition. Tome VII, Bruxelles, 1896, col. 740).

Le *Prodromus* est un in-folio de (xii) 120 pages, contenant 17 belles planches hors texte, dans le genre de celles de la *Rosa Ursina*. Il est divisé en trois livres, comprenant respectivement 28, 20 et 15 chapitres.

(2) *Bibliografia Galileiana (1568-1895). Raccolta ed illustrata da A. Carli ed A. Favaro.* Roma, 1896, p. 60. — Cet ouvrage forme le tome XVI d'une collection de catalogues intitulée *Indici e catalogi* et publiée par le Ministère de l'Instruction publique du Royaume d'Italie.

voulu, disons mieux, je voudrais — car il n'est pas trop tard pour le faire — que le P. Carrara en entreprît l'analyse.

Le *Prodromus* de Scheiner est un pamphlet, mais un pamphlet posthume. L'auteur l'écrivit dans un moment de colère, puis le laissa enfoui dans ses papiers. Écrire est parfois un excellent calmant, surtout quand on est assez maître de soi pour écrire sans publier. A la mort du Jésuite, des amis maladroits découvrirent le *Prodromus* et le firent imprimer. La gloire de Scheiner n'y a guère gagné. Les quelques observations de taches du soleil décrites dans le *Prodromus* ajoutent assez peu de chose à celles de la *Rosa Ursina*, mais le ton passionné de l'auteur prévient contre lui. Le *Prodromus* est comme le dernier épilogue de la querelle Scheiner-Galilée. Sa lecture ne vient pas modifier l'opinion qu'on s'en fait d'ailleurs. Elle ne change pas les conclusions du P. Carrara. Mais, après avoir consacré 180 pages in-4° à résoudre sous tous les aspects le problème de la découverte des taches du soleil, il vaudrait la peine d'épuiser le sujet. Le P. Carrara y arriverait aisément en quelques pages qui serviraient d'appendice à son mémoire.

Abordons de plus près ce mémoire lui-même.

Qui a découvert, le premier, les taches du soleil ?

Poser la question en ces termes, dit le P. Carrara, c'est la poser mal. Les taches du soleil sont parfois visibles à l'œil nu et les anciens eux-mêmes les avaient remarquées. Personne ne songe cependant à faire remonter jusqu'à eux l'honneur de la découverte. Ils s'étaient contentés d'une simple constatation du phénomène, constatation vague et indécise, sans se livrer à son sujet à des observations suivies.

Ces observations exigeaient l'emploi du télescope. Mais, le télescope inventé, la constatation des taches devient aussitôt certaine. Elle était si aisée pour qui possédait cet instrument, que, sans se concerter, les astronomes la font en même temps de tous côtés à la fois. De là des querelles de priorité. De là d'aigres accusations de plagiat émises avec conviction et bonne foi, tout en étant mal justifiées par les faits. *Unicuique suum*, dit le P. Carrara. Rendons à chacun des prétendants, Galilée, Fabricius, Scheiner, la part qui lui revient. Cette part serait, d'après lui, la suivante :

Le premier en date, Galilée se livre à une série d'observations des taches du soleil faite avec méthode. Il en communique le résultat à des amis.

Dans l'entre-temps et sans soupçonner le moins du monde les

travaux de Galilée, Fabricius remarque de son côté les taches. Il publie cette découverte le premier dans un livre imprimé (1) et devance en cela Galilée.

Il est d'usage de nos jours d'accorder l'honneur de la priorité d'une idée au savant qui la fait connaître le premier par la voie de la presse. C'est loin d'être toujours équitable. Mais au XVIe siècle l'enseignement oral et la lettre manuscrite jouaient un rôle trop considérable dans la diffusion de la science, pour qu'on pût songer à une application exclusive de cette règle. Si Galilée a été prévenu par la publication imprimée de Fabricius, il ne saurait voir par cela seul tous ses droits de priorité périmés.

Quant à Scheiner, sa *Rosa Ursina* est un ouvrage hors de pair qui suffit, en toute hypothèse, pour assurer sa gloire. Peu d'historiens en parleraient encore du ton railleur et méprisant de Delambre (2). Scheiner n'a pas découvert le premier les taches du soleil, c'est définitivement prouvé ; mais il les a étudiées avec tant de persévérance, de soin, d'habileté, qu'il a fallu le spectroscope et les travaux du P. Secchi pour faire faire de ce côté un pas de plus à la science. Le P. Carrara le montre excellemment et entre à ce sujet dans beaucoup de détails. Les bornes imposées à un simple compte rendu ne me permettent pas de l'y suivre.

Que dire enfin du plagiat ?

L'accusation de Galilée est formelle, mais la preuve en est peu faite. Le feu de la querelle aveugle les deux adversaires. Scheiner est violent, mais, quoi qu'on en ait dit, il paraît sincère. Pour ma part, quand il affirme avoir trouvé par lui-même les taches du soleil, je ne puis m'empêcher de le croire. Au surplus, je ne fais en cela que partager l'impression de Delambre.

(1) En voici le titre complet : *Joh. Fabricii Phrysii De Maculis In Sole Observatis, Et Apparente earum cum Sole conversione, Narratio cui Adjecta est de modo eductionis specierum visibilium dubitatio. Witebergae, Typis Laurentij Seuberlichij, Impensis Iohan. Borneri Senioris & Eliæ Rochefeldij Bibliopol. Lips. Anno M.DC.XI* (Bibl. roy. de Belgique, V. 5012).

(2) " Il est peu d'ouvrages aussi diffus et aussi vides de choses. Il est de 784 pages, il n'y a pas matière pour 50. „ *Histoire de l'Astronomie moderne,* tome I, p. 690. Paris, Courcier, 1821.

Il est piquant de rapprocher de ce jugement celui de Houzeau dans son *Vademecum de l'Astronome*, Bruxelles 1882, p. 420. " Ouvrage considérable, dit-il, on y trouve... le germe de plusieurs considérations passées aujourd'hui dans la science, à titre définitif. „

L'illustre historien de l'astronomie admettait le plagiat (1) et niait la bonne foi du Jésuite (2). Et cependant la lecture des lettres de Scheiner à Velser arrache à sa loyauté cet aveu : " Il n'y a pas de raison suffisante de taxer Scheiner de plagiat. S'il avait une lunette, il a pu voir les taches du soleil; il n'y a pas grand mérite à cela „ (3).

H. Bosmans, S. J.

VIII

Le Livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre. Cours d'astronomie rédigé en 1279 par Grégoire Aboulfarag, dit Bar-Hebraeus, publié pour la première fois, d'après les manuscrits de Paris, d'Oxford et de Cambridge, par F. Nau, docteur ès sciences mathématiques, licencié ès sciences physiques, diplômé de l'École des Hautes Études. Seconde partie, traduction française (4). Un vol in-8° de xxiv-200 pages. — Paris, Bouillon, 1900.

Bar-Hebraeus, célèbre chez les orientalistes, est inconnu parmi les géomètres et les astronomes ; présentons-le donc au lecteur.

Grégoire Aboulfarag, surnommé Bar-Hebraeus, naquit à Mélitène, en 1226, et mourut à Maraga en Perse, le 20 juillet 1286. Son père, riche médecin, lui fit donner une brillante éducation. Le jeune Bar-Hebraeus y aborda toutes les sciences, rhétorique, médecine, philosophie, théologie. Le 16 septembre 1246, âgé de vingt ans seulement, il fut consacré évêque monophysite de Goubos, près de Mélitène. Transféré l'année suivante à Lakabin, non loin de Goubos, il n'y resta que cinq ans, puis passa au siège épiscopal d'Alep. En 1260, il entra, comme médecin, au service du roi des Mogols ; enfin, il fut nommé primat d'Orient, en 1264.

Sa charge de primat l'obligea à de nombreux voyages. Mais

(1) *Op. cit.*, p. 633.
(2) *Op. cit.*, p. 633.
(3) *Op. cit.*, p. 631.
(4) La première partie, texte syriaque, forme un volume à part; je suis incompétent pour la juger. Les deux volumes réunis composent le 121e fascicule de la Bibliothèque de l'École des Hautes Études.

ces déplacements continuels, loin de nuire à ses études, les favorisaient plutôt ; car il rapportait tout à la science, même les simples conversations.

Il nous donne, lui-même, de curieux renseignements à ce sujet :

" Étant à Bagdad, dit-il, pour les affaires ecclésiastiques, j'eus l'occasion de causer souvent avec d'habiles grammairiens. Aussi formai-je le projet de mettre par écrit les principes de cette science. „

C'est ainsi qu'il fut conduit à composer sa grammaire.

Ailleurs, en tête d'un volume d'histoire, il dit encore :

" J'ai eu l'occasion d'entrer à la bibliothèque de Maraga. J'ai réuni dans ce petit volume les récits dignes de mémoire, que j'y ai trouvés dans des manuscrits syriaques, arabes et persans. „

Bar-Hebraeus utilisait donc ses voyages pour compulser les bibliothèques et converser avec les hommes instruits, puis il rédigeait ce qu'il avait lu ou appris. Depuis l'âge de vingt ans jusqu'à son dernier souffle, il ne cessa jamais d'étudier ou d'écrire. Et voilà comment il a pu produire tant d'excellents ouvrages, sur des sujets si divers (1). Bar-Hebraeus n'est, à proprement parler, ni grammairien, ni historien, ni rhéteur, ni astronome ; c'est un polygraphe, mais s'il faut juger tous ses travaux d'après son *Cours d'Astronomie*, il l'est dans le bon sens du mot. C'est ce *Cours d'Astronomie* que M. l'abbé Nau vient de publier pour la première fois.

Un évêque, un primat d'Orient, trouvant des loisirs pour publier un *Cours d'Astronomie*, voilà qui nous paraît étrange aujourd'hui ! Les mœurs ont bien changé ! Cet évêque, ce primat était doublé d'un professeur. Vers 1270, il enseignait à Maraga les *Éléments* d'Euclide, et deux ans plus tard, en 1272, il y expliquait l'*Almageste* de Ptolémée. Il semble même avoir considéré l'enseignement de toutes les sciences comme l'un des devoirs de sa charge.

Le *Livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre* nous a probablement conservé les leçons de Bar-Hebraeus sur l'*Almageste*. Il n'a cependant pas été écrit dès 1272, mais en 1279 seulement. Cette date importe d'ailleurs assez peu, car il est permis d'admettre que la rédaction du *Livre de l'Ascension* en a

(1) Il sortirait du cadre de la Revue de les énumérer ici en détail. On trouvera la liste de ceux qui ont été édités jusqu'ici à la page II de l'*Introduction* de M. l'abbé Nau.

suivi l'enseignement oral. L'ouvrage, vrai résumé de la *Grande composition* de Ptolémée, a l'allure d'un précis de cours. Le style est littéraire, les calculs sont omis, en un mot, le professeur cherche à exposer aux élèves les principes et les résultats de la science, sans fatiguer leur attention par les détails, sans s'arrêter aux considérations géométriques longues et difficiles. Le plan d'ensemble est conçu avec beaucoup d'ordre et de méthode. On y distingue d'abord deux grandes parties, la première plus proprement astronomique, la seconde formant plutôt un traité de géodésie. Dans chacune de ces parties, les divisions et les subdivisions sont nombreuses et reviennent toujours dans le même ordre pour des sujets analogues. Excellente qualité dans un ouvrage didactique.

Quelle est l'importance du *Livre de l'Ascension de l'esprit ?*

Voici, en résumé, ce qu'en dit M. l'abbé Nau. Je cite, mais en abrégeant quelque peu :

" 1° Le nom seul de l'auteur faisait désirer la publication de ce traité, car Bar-Hebraeus est le premier des écrivains jacobites. La plupart de ses ouvrages sont déjà publiés et il n'est pas douteux que tous ne doivent l'être un jour.

„ 2° C'est le seul ouvrage syriaque écrit *ex professo* sur l'astronomie ; c'est là que l'on devra chercher les termes techniques employés par les Syriens. Sa publication, qui permettra de contrôler et de compléter le dictionnaire, était donc indispensable au point de vue philologique.

„ 3° Ce traité fera connaître l'astronomie ancienne et sera d'un grand secours pour la faire apprécier à sa juste valeur. On ne prend pas une idée suffisante de l'astronomie grecque en lisant une histoire de l'astronomie. A notre époque surtout, où l'on préconise la recherche des documents originaux, il est indispensable que nos savants aient en mains, non pas des ouvrages *sur* l'astronomie ancienne, mais un *ouvrage ancien* d'astronomie, où ils puissent prendre cette science sur le fait. „

Et l'*Almageste* de Ptolémée ? objectera-t-on. Et sa traduction par l'abbé Halma ?

" Cette traduction, continue M. l'abbé Nau, est un ouvrage capital, mais rare et inabordable. Car, l'aurait-on trouvé, on serait vite rebuté par une suite de calculs faits sans le secours des notations algébriques et pour ainsi dire de tête. Aussi a-t-il toujours été fort peu lu, et M. Sédillot a-t-il pu, durant de longues années, donner comme nouvelle une inégalité qui figurait déjà dans Ptolémée. L'Académie et l'opinion se passion-

nèrent pour la troisième inégalité lunaire, quand M. Munck, hébraïsant, vint montrer, *sept ans plus tard*, qu'elle se trouvait déjà dans Ptolémée. (1) „

Tout cela est fort vrai et il était bon de le redire. On ne possédait en France aucun ouvrage ancien d'astronomie vraiment à la portée des savants. Le volume de Bar-Hebraeus traduit par M. l'abbé Nau comblera cette lacune. On y trouvera un résumé de l'astronomie de Ptolémée et de tous ses résultats ; résumé clair, sans démonstrations géométriques, en un mot, facile à suivre par tout le monde.

" Au XIIIe siècle, dit encore M. l'abbé Nau, à l'époque où vivait Bar-Hebraeus, les Arabes s'occupaient d'astronomie depuis près de quatre siècles et notre auteur cite un certain nombre de leurs résultats. Mais ces résultats semblent peu importants. Les auteurs arabes que nous connaissons furent surtout des commentateurs et des astronomes amateurs, on ne les a admirés que faute de connaître les œuvres grecques, leurs modèles. „

Ici j'ai le regret de n'être plus aussi complètement d'accord avec le très savant éditeur. Les Arabes, à mon avis, ne méritent pas le reproche d'être restés stationnaires. A quelles œuvres grecques M. l'abbé Nau fait-il allusion ? Évidemment à l'*Almageste* de Ptolémée. Ni Autolycus, ni Cléomède, ni Geminus, ni les trois livres d'Hipparque qui nous ont été conservés, ne peuvent être mis en question. Eh bien ! pour ne parler que du seul Albategnius, son *Opus astronomicum* ne soutient-il pas la comparaison avec l'*Almageste* ? Et M. Nallino, le récent éditeur de l'*Opus astronomicum*, se trompe-t-il si fort en déclarant Albategnius très supérieur à Ptolémée (2)?

Mais ce n'est pas le moment de discuter ici ce point de philosophie mathématique et d'histoire. Peu importe au surplus ma manière de voir, elle n'infirme en rien la valeur de l'ouvrage de

(1) Cette tapageuse et invraisemblable discussion est un peu oubliée aujourd'hui. M. l'abbé Nau en a fort bien résumé les grandes lignes dans une note placée au bas de la page 29. *Le Livre de l'Ascension* de Bar-Hebraeus vient jeter un nouveau jour sur le célèbre passage de l'*Almageste* de Ptolémée.

(2) *Albatenii opus astronomicum* editum a Carolo Alphonso Nallino. Pars I. Mediolani, 1903. Praefatio § 4, III, Nostra de opere astronomico sententia, pp. XLI-XLVI.

J'ai rendu compte de cette nouvelle édition de l'*Opus astronomicum* dans mon dernier *Bulletin d'Histoire des Mathématiques et des Sciences*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. XXXIX, pp. 663-667.

Bar-Hebraeus, ni le mérite de l'édition de M. l'abbé Nau. Je me rallie même sans réserve à cette conclusion du savant éditeur :

" On peut considérer le présent *Cours d'astronomie* comme un résumé des œuvres de Ptolémée (avec quelques *adjuncta* dus aux Arabes) fait par un homme intelligent et de grande érudition qui écrivait ce qu'il venait d'enseigner. „

Examinons de plus près les sources utilisées par Bar-Hebraeus.

" La science de la sphère céleste et de ses mouvements, dit-il, est une mer difficile à sonder et une hauteur pénible à gravir. Je me bornerai donc, dans ce petit volume, à exposer les formes des sphères, le genre des mouvements célestes, les distances et le nombre des astres. Quant aux démonstrations géométriques touchant ces matières, je renvoie à l'ouvrage σύνταξις μεγάλη qui est plus grand et plus développé. „

Quoi qu'il en soit des progrès astronomiques dus aux Arabes, la σύνταξις μεγάλη, l'*Almageste*, est bien, en fait, la source principale où puise Bar-Hebraeus. Seule elle est nommée dans la préface, et l'auteur y renvoie fréquemment dans le corps de l'ouvrage, par exemple : à propos de la précession des équinoxes, du mouvement de l'apogée du soleil, de celui des planètes, des éclipses, des étoiles variables, etc. etc. Bar-Hebraeus avait emprunté aux Arabes le respect de l'*Almageste*. On sait à quel point Albategnius surtout l'avait porté. Mais Bar-Hebraeus n'ignore pas pour cela les œuvres de ces Arabes eux-mêmes. Il connaît tout aussi bien celles des Syriens ses compatriotes, et cite notamment Nasiruddin-el-Toussy son contemporain.

J'abrège, car je crois avoir fait suffisamment entrevoir combien le *Livre de l'Ascension de l'esprit* est intéressant. Je ne puis néanmoins m'empêcher d'observer la singulière difficulté des publications de ce genre. Pour les entreprendre, il faut être à la fois orientaliste et géomètre, dons rarement réunis chez un seul homme. Docteur ès sciences mathématiques, licencié ès sciences physiques, diplômé de l'École des Hautes Études, M. l'abbé Nau est éminemment l'un et l'autre. Dans les très érudites notes ajoutées au texte, le géomètre n'a-t-il même pas perdu parfois de vue les philologues ? Je le crains. Géomètres, nous connaissons tous la crispante phrase : " Le lecteur est prié de faire la figure. „ Mais le respect du métier nous commande de ne pas avoir l'air de trop nous en agacer. Peut-on exiger la même patience des simples philologues ? Faute de figures, ceux qui ne sont pas géomètres trouveront difficiles, je crois, plusieurs des notes de M. l'abbé Nau, notes très claires cependant et fort

simples ; par exemple, celles des pages 181 à 187. Pourquoi n'y avoir pas ajouté deux figures *avec des lettres ?* Ces lettres sont, il est vrai, aisées à suppléer sur les figures du texte ; encore en faut-il l'habitude et ne peut-on guère la supposer chez tout le monde. Il n'est pas toujours bon de fuir le reproche de paraître prolixe. M. Nallino a donné l'exemple du contraire dans son édition de l'*Opus Astronomicum* d'Albategnius. On ne saurait trop l'en féliciter ni trop engager les auteurs de travaux analogues à l'imiter.

Pour terminer ce compte rendu, il me resterait à analyser le fond lui-même du *Livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre*, mais ici je suis bien obligé de dire au lecteur : prenez en mains le volume et étudiez-le. Impossible en quelques pages de le faire suffisamment connaître à ceux qui ne seraient pas au courant de l'histoire de l'astronomie grecque ; il me faudrait transcrire une bonne partie de l'ouvrage. Mais aux historiens je rappellerai que Bar-Hebraeus n'est pas astronome de profession. Il n'a pas contribué à l'avancement de l'astronomie. C'est un érudit très intelligent, très bien informé, très utile à lire, par conséquent, pour connaître l'état de la science à son époque. Cette remarque faite, un résumé de la table des matières donnera une idée du contenu du volume.

Première partie. *Sur la forme du ciel.* Chapitre 1. Théories préliminaires. Chapitre 2. Sur les intersphères du soleil. Chapitre 3. Des intersphères de la lune. Chapitre 4. Des sphères de quatre planètes ; les trois supérieures et Vénus. Chapitre 5. Des sphères de Mercure. Chapitre 6. Latitude des planètes. Chapitre 7. Propriétés des astres causées par leurs positions apparentes (vues de la terre) ou par leurs positions relatives. Chapitre 8. Des décans, c'est-à-dire des étoiles fixes.

Seconde partie. *Sur la forme de la terre et les phénomènes célestes qui s'y rapportent.* Chapitre 1. Division de la terre, des mers, des îles et des fleuves. Chapitre 2. Diversité de l'aspect du ciel aux divers lieux de la terre. Chapitre 3. Des ascensions et de leurs propriétés. Chapitre 4. Des ombres. Chapitre 5. Diverses mesures du temps. Chapitre 6. Mesure de la distance des astres à la terre. Chapitre 7. Grandeur des astres par rapport à la terre.

H. Bosmans, S. J.

IX

Cours de Physique de l'École polytechnique, par M. J. Jamin, troisième supplément par M. Bouty. Radiations. Électricité. Ionisation. Un volume in-8° de vi-419 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Les dernières années se sont montrées extraordinairement fécondes en progrès dans la physique tant expérimentale que théorique. Non seulement elles ont accumulé des mémoires importants sur les sujets les plus divers et souvent les plus inattendus, ce qui n'est pas rare dans l'histoire des sciences ; mais, ce qui est sans exemple, en bien des cas des résultats ont été obtenus si décisifs dans leur teneur particulière et si suggestifs de méthodes fécondes que l'enseignement même de la physique ne peut plus les ignorer et se voit obligé de transformer sa physionomie avec une rapidité inouïe. On sait que le traité bien connu de Jamin se complète, sous la direction de son éminent collaborateur M. Bouty, par des suppléments périodiques. Le supplément actuel forme un volume de 400 pages. Et encore ne contient-il que ce qu'il est le plus urgent de présenter au lecteur désireux de se mettre au courant des progrès principaux réalisés récemment, à savoir :

Quatre chapitres sur *les radiations :* I. Émission des corps noirs; Pression de radiation. II. Émission des gaz; III. Spectre infra-rouge (où l'on s'étonnera peut-être de rencontrer les *rayons N* de Blondlot, trop controversés encore pour trouver place dans un ouvrage de ce genre). Dispersion; IV. Ondes hertziennes. Télégraphie sans fils.

Quatre chapitres sur *l'électricité :* V. Effet électromagnétique de la convection électrique. Étude expérimentale du magnétisme; VI. Courants alternatifs et polyphasés ; VII. Électrolyse ; VIII. Théorie des ions. Théorie de Nernst.

Le reste du volume, soit la moitié, est presqu'entièrement rempli par la grande question de l'heure, l'*ionisation.*

IX. Condensation de la vapeur d'eau autour de noyaux électrisés; X. Propriétés générales des gaz conducteurs ou ionisés; XI. Mouvement des ions ; XII. Cas divers d'ionisation ; XIII. Radioactivité: XIV. Constante diélectrique et cohésion diélectrique des gaz : XV. Étude de l'étincelle ; XVI. Théorie de la décharge dans les gaz raréfiés. Enfin un XVIIe et dernier cha-

pitre traite d'instruments divers et de quelques applications de l'électricité.

Inutile de dire que le nouveau supplément du cours de MM. Jamin et Bouty est traité avec la même clarté et la même méthode que le cours lui-même.

V. S.

X

Sur les Électrons, par Sir Oliver Lodge. Traduit de l'anglais par E. Nugues et J. Péridier. Un volume in-12 de XIII-168 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Ce petit volume, édité dans la collection des *Actualités scientifiques*, est la traduction d'une conférence faite à l'*Institution of electrical Engineers*, le 5 novembre 1902. Il a pour but de faire connaître l'état actuel, déjà si intéressant, et les promesses d'avenir, peut-être plus vastes encore, de la nouvelle doctrine électronique. Dans la bouche d'un interprète autorisé comme M. O. Lodge, on peut s'attendre à trouver de ce sujet attachant une expression aussi pénétrante dans sa compréhension qu'originale dans son expression. On sait, en effet, comme le rappelle M. Langevin dans la préface écrite pour cette traduction, que Sir Oliver Lodge appartient à la grande famille des vulgarisateurs anglais, des Tyndall, des Thomson, des Maxwell, qui savent, mieux que personne, trouver l'image saisissante et tangible pour traduire l'idée la plus abstraite, tout en ne sacrifiant rien de la rigueur de la pensée à la recherche d'une transposition matérielle frappante.

Les limites étroites d'une conférence obligent, bien entendu, l'auteur à condenser son exposé, et la nature de son auditoire lui permet un appareil mécanique et mathématique assez simple, il est vrai, mais qui met son remarquable travail hors de la portée de ce qu'on appelle le grand public. Des notes complémentaires nombreuses sur des points particuliers, d'ordinaire des calculs, achèvent de préciser certains détails, et en font, suivant la pensée des traducteurs, une excellente introduction à une étude plus complète sur le sujet. Ajoutons qu'une liberté d'allure tout anglaise dans le développement logique lui donne une saveur particulière pour le lecteur français habitué à une trame plus serrée.

V. S.

XI

Radio-Activity, by E. Rutherford, deuxième édition. Un volume in-8° de xi-580 pages. — Cambridge, University Press, 1905.

Est-il bien nécessaire de présenter à nos lecteurs ce très remarquable ouvrage dont une année a vu enlever la première édition ? L'article publié ici-même en juillet 1905 sur la radioactivité et qui était basé principalement sur le livre de M. Rutherford peut lui servir en quelque sorte de compte rendu détaillé. Il nous dispense de nous étendre davantage sur l'intérêt intense que présente la superbe synthèse des recherches sur la radioactivité construite par le professeur de Montréal. Comme les relations célèbres des grands voyages d'exploration en pays sauvage — car c'en est un dans le véritable sens du mot pour ceux qui abordent ce sujet pour la première fois — il présente à la fois le double mérite de nous raconter les aventures personnelles de l'auteur, si l'on peut ainsi parler, et de constituer le tableau le plus complet de nos connaissances actuelles sur le domaine parcouru. C'est le livre fondamental dans l'étude de la radioactivité, et nul ne peut l'ignorer qui prétend ne pas borner ses connaissances à une vue superficielle de ce passionnant sujet.

Signalons seulement l'accroissement considérable qu'a subi l'ouvrage dans cette nouvelle édition. De 382 pages de texte, il passe à 558. C'est assez dire quels étonnants progrès ont été réalisés en quelques mois. Voici les chapitres qui ont subi le plus de remaniements :

IX. Théorie des changements successifs ; X. Produits de transformation de l'uranium, du thorium et de l'actinium ; XI. Produits de transformation du radium ; XII. Taux d'émission de l'énergie ; XIII. Processus radioactifs ; XIV. Radioactivité de l'atmosphère et de la matière ordinaire.

V. S.

XII

Theorie der Elektrizität. Zweiter Band : Elektromagnetische Theorie der Strahlung, von Dr M. Abraham. Un volume grand in-8° de viii-404 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905.

En rendant compte dans la Revue du premier volume de cet important ouvrage, nous avons indiqué d'avance la matière du second. Voici comment l'auteur la présente dans sa préface.

La théorie Maxwellienne du champ électromagnétique à laquelle introduit le premier volume de cet ouvrage, représente en quelque manière le premier étage de la théorie moderne de l'électricité. A peine les physiciens s'y étaient-ils installés, qu'une foule de phénomènes nouveaux vint fondre sur eux et exiger une extension de la construction. Le second étage de la doctrine électrique, la théorie des électrons, est destiné à ces phénomènes, qui se présentent le plus souvent comme des rayonnements électromagnétiques. Bâtie sur les conceptions de Maxwell, la théorie des électrons considère l'espace comme un continu physique qui transmet les actions électromagnétiques. Les points de départ et les points d'application de ces actions sont dans l'électricité. Celle-ci serait constituée par des quantités élémentaires indivisibles appelées électrons. Tout courant électrique est conçu comme un courant convectif d'électrons en mouvement. Les rayons cathodiques consistent en un courant convectif de ce genre formé par des électrons qui se meuvent parallèlement avec une grande rapidité ; à ce *rayonnement convectif* correspond le rayonnement ondulatoire, qu'on doit rapporter aux vibrations des particules. C'est à la théorie de ces deux espèces de rayonnement électromagnétique qu'est consacré le second volume de la Théorie de l'Électricité.

Ce programme est développé dans deux sections. La première, sous le titre général : Le champ et le mouvement des électrons isolés, comprend trois chapitres : I. Les fondements physiques et mathématiques de la théorie des électrons; II. Le rayonnement ondulatoire d'une charge ponctuelle; III. La mécanique des électrons. La seconde a pour titre : Phénomènes électromagnétiques dans les corps pesants, et se compose de deux chapitres : I. Corps en repos. II. Corps en mouvement.

Que ce programme ait été rempli avec autant d'élégance que d'ingéniosité, la notoriété de l'auteur et sa compétence spéciale dans la matière le garantissent suffisamment. C'est un ouvrage fondamental dont la lecture est indispensable à ceux qui veulent pénétrer toute la portée des développements les plus modernes de l'électricité. Peut-être ne le suivra-t-on pas jusqu'au bout, et sans doute certains lecteurs préféreront-ils avec Lorentz et d'autres s'attacher à la conception des électrons qui se contractent dans le mouvement plutôt qu'à celle des électrons sphé-

riques rigides de M. Abraham. Il n'en reste pas moins certain, pour reprendre l'image proposée par l'auteur lui-même dans le passage cité de la préface, que, si son plan du second étage de la théorie électrique n'est pas définitivement adopté pour l'exécution, ce qu'il serait téméraire de vouloir prédire actuellement, du moins figurera-t-il brillamment parmi les projets couronnés.

V. S.

XIII

Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts, von Dr Ernst Gerland. Un volume grand in-8° de VI-256 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Très intéressante collection de notes en latin, allemand ou français, éparses dans les manuscrits du grand géomètre, et inédites pour la plupart. Quelques-unes sont des rédactions d'une certaine longueur, sans doute destinées à être imprimées plus tard, d'autres de brèves indications pour fixer ce qui semblait avoir quelque valeur soit pour l'utilisation immédiate soit pour être retravaillé dans la suite. C'est, comme le fait remarquer le Dr Gerland, une espèce de correspondance de Leibniz avec lui-même, instructive comme les lettres de tous les savants de ce temps, où les idées s'échangeaient peut-être plus par le commerce épistolaire que par les ouvrages imprimés, tombant parfois dans des redites, mais intéressantes même alors en ce qu'elles nous permettent de pénétrer les méthodes de travail d'un génie supérieur. Sous des points de vue constamment changeants, le sujet se trouve ainsi éclairé de tous les côtés.

A part quelques notes de moindre importance, il s'agit surtout de problèmes d'acoustique et d'optique, ainsi que de la mesure du temps, de l'hydraulique, et des transports par terre et par eau. Les travaux d'acoustique contiennent la première description précise des ondes longitudinales de l'air, bien que le terme ne soit pas employé, étant donné qu'il est postérieur à la considération des ondes transversales. Dans ses recherches d'optique, Leibniz ne va pas plus loin que le résultat obtenu dans ses publications de 1682 dans les *Acta Eruditorum* (p. 185) sous le titre : *Unicum opticae, catoptricae et dioptricae principium*

savoir que le produit des résistances de deux milieux traversés par un rayon lumineux doit être un minimum, puisque la lumière suit d'un point à un autre le chemin le plus facile. Il est d'un certain intérêt de voir combien Leibniz est gêné par cette conséquence de son principe que la vitesse de la lumière doit être plus grande dans un milieu optiquement plus dense que dans un milieu moins dense, et comment, malgré tous ses efforts, il ne parvient pas à se débarrasser de cette difficulté. Il ne lui a pas été possible de s'affranchir de la conception des particules lumineuses projetées en ligne droite, alors que Huygens, dès 1678, montrait à l'Académie des Sciences de Paris la voie à suivre pour parvenir à la conclusion contraire. Celle-ci ne fut publiée toutefois qu'en 1690, dans son Traité de la Lumière.

Dans ses travaux techniques, Leibniz a un allure très particulière. Les idées sont nées et se sont développées sous sa plume, mais il n'a épargné aucune peine pour les appliquer ou les faire exécuter en grand, afin de s'assurer de leur valeur pratique. De même que Galilée et Otto de Guericke ne purent se libérer des doctrines qui les avaient formés, bien que leurs propres travaux fussent destinés à les renverser, ainsi une partie des œuvres techniques de Leibniz est tout à fait conçue au point de vue de son temps et nous paraît bien démodée, tandis que d'autres énoncent les manières de voir les plus modernes. Celles-là restaient sans doute impénétrables pour ses contemporains. Mais ne serait ce pas justement là la vraie grandeur de ces conquérants du domaine intellectuel, ne serait-ce pas la seule manière possible de faire des progrès réels dans les sciences ? C'est une étrange méprise de croire servir la mémoire d'un chercheur illustre en cherchant à retrouver partout nos habitudes intellectuelles dans les siennes, au lieu de montrer comment il rompit en tout ou en partie les liens où l'enserraient les idées de son temps. V. S.

XIV

Elektrische Wellen-Telegraphie, von J. A. Fleming. Traduit de l'anglais, par E. Aschkinass. Un volume grand in-8° de 185 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Imprimé avec le soin qui caractérise les publications de la maison Teubner, cet élégant petit volume renferme un exposé

très substantiel, en même temps que très facile à lire, de l'état actuel de la télégraphie sans fil. Outre son mérite d'exécution, qui relève de la méthode si anglaise de l'union intime entre l'abstrait et le concret, entre la théorie la plus ingénieuse et la matérialisation la plus détaillée, il possède l'avantage appréciable d'avoir pour auteur un homme connu pour ses contributions personnelles aux études de transmission hertzienne, et, de plus, collaborateur ordinaire de Marconi et de la société qui exploite industriellement ses brevets. Il en résulte une connexion étroite entre la spéculation et la pratique qui donne une autorité particulière à la discussion des divers systèmes.

V. S.

XV

Les Éléments de l'Esthétique musicale, par Hugo Riemann, Professeur extraordinaire à l'Université de Leipzig, traduit et précédé d'une introduction par Georges Humbert, Professeur au Conservatoire de Genève et à l'Institut de musique de Lausanne. Un vol. in-8° de II-278 pages de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*. — Paris, Alcan, 1906.

Le traducteur nous prévient que l'étude consciencieuse et serrée de Hugo Riemann, toute rudimentaire qu'elle soit, n'en porte pas moins l'empreinte d'une forte personnalité. D'autre part, l'auteur délimite dès le début le champ de son ouvrage, en en excluant les recherches de physique, de physiologie et de psychologie dont il considère comme acquis les résultats, et il écarte également la partie purement technique d'une œuvre d'art, l'harmonie, le contrepoint, l'étude des instruments ; en un mot, il se borne à l'examen exclusif de l'*œuvre d'art* et de l'*impression d'art*, dont il cherche à montrer les conditions d'existence et de formation, en même temps qu'il analyse leurs éléments d'action sur l'auditeur.

Dès qu'il aborde le sujet même de son livre, la musique, Hugo Riemann se pose nettement en contradicteur des idées de Hanslick, de ses arabesques et de sa théorie intellectualiste du beau musical ; pour lui, il affirme que " le beau naturel de la musique réside dans l'ensemble des émotions de l'âme humaine ". On peut

donc le rapprocher de Léon Tolstoï, tout en lui reconnaissant ce singulier avantage d'être fort instruit en matière musicale.

Le premier élément étudié est l'*intonation* du son ou sa hauteur, expression qu'évite notre auteur, préférant les qualificatifs " aigu „ et " grave „ à ceux de " haut „ et " bas „. Il fait ressortir l'importance de l'intonation absolue d'un son isolé, indépendante de ses rapports avec d'autres sons (1) ; puis il se lance dans une discussion singulièrement abstraite sur la question de savoir si l'on doit admettre avec Wundt la perception d'un changement continu de l'intonation ou si, avec Stumpf et Helmholtz, on doit se prononcer pour des sensations sonores non continues. Riemann se prononce pour l'opinion de Wundt ; mais tandis que celui-ci ne lui accorde que peu d'importance au point de vue musical, notre auteur va jusqu'à prétendre que *le principe de la mélodie réside dans le changement non pas gradué mais continu de la hauteur du son.*

Le *timbre* a fait l'objet d'une célèbre théorie due à Helmholtz et fondée sur la considération des harmoniques, bien qu'il reconnaisse l'existence de bruissements et de grincements qui en sont indépendants, mais qu'il considère comme étrangers au timbre proprement musical. Riemann se montre convaincu de l'insuffisance de cette théorie et invoque diverses expériences qui prouveraient la dépendance liant le timbre à la matière des instruments, quels que soient les harmoniques. Il énonce notamment ce fait que des trompettes en laiton et en carton auraient des timbres totalement différents, alors que précisément je me souviens d'avoir entendu, au temps de ma jeunesse, une trompette de carton faire retentir de son éclat *cuivré* les échos d'un amphithéâtre de physique.

Un point auquel Hugo Riemann paraît attacher une assez grande importance est de savoir si, comme le veut Schafhaütl contrairement à Helmholtz, la série harmonique qui accompagne un son est une qualité du *son musical en soi.* Il se prononce pour l'affirmative, parce que, dit-il, une même note isolée paraît plus ou moins haute suivant l'instrument qui l'émet : l'ut^3 du violon paraît grave, tandis que celui du violoncelle semble assez aigu. Nous nous demandons s'il n'y a pas là un simple effet de comparaison avec les autres notes connues de l'instrument, car il est bien certain que, dans un ensemble, un son prend sa place

(1) Plus loin il rattache cette importance au fait que *toute musique est vocale à son origine.*

dans l'harmonie quelque instrument qui l'émette. Nous croyons intéressant de noter ici une remarque faite par une musicienne, Mlle Blanche Lucas, et rapportée par M. Arréat dans son récent ouvrage *Art et Psychologie individuelle*. Tandis qu'elle accorde peu d'importance au timbre d'un instrument isolé, le *rapport* des timbres l'intéresse considérablement : " Deux timbres différents, dit-elle, s'opposent non seulement par la couleur, mais aussi par la *dimension* que leur donnent une intensité, un volume différents. Un hautbois près d'un violoncelle n'est pas seulement une couleur claire sur une tache sombre, il est aussi une petite masse à côté d'une plus grande. C'est un mince ornement auprès d'une colonne... Un timbre seul n'est qu'une couleur ; plusieurs timbres de volumes différents deviennent de l'architecture et dès lors les couleurs revêtent des formes. (1) „

Relevons du reste encore une observation de Riemann au sujet des timbres : leur diversité s'oppose à la subjectivation totale de l'œuvre musicale, et c'est pour cela que Berlioz et les compositeurs descriptifs et programmatiques leur accordent une importance si considérable.

Par le terme " dynamique „, notre auteur désigne l'ensemble des variations d'intensité du son. Avec raison, croyons-nous, il lui accorde une grande importance comme facteur intrinsèque de l'expression musicale ; ici encore, comme à propos de l'intonation, il se livre à une longue discussion sur la continuité ou la discontinuité des variations.

Le dernier des facteurs élémentaires de l'expression musicale serait le degré de rapidité avec lequel se produit le changement d'intonation et d'intensité du son : c'est ce que l'auteur a nommé l'*agogique*. A la progression positive des intensités s'allie une accélération de mouvement, et cela bien plutôt sous la forme de modifications du mouvement fondamental, en tant que diminution effective de la valeur des noires, croches, etc., que dans un changement de la répartition de ces durées : il y a, en un mot, modification du *tempo*.

L'art apparaît avec *la conscience nette d'un état formel* ; or, il y a deux facteurs proprement formels de la musique, l'harmonie et le rythme. Revenant à la question de l'échelle tonale, l'auteur parle de l' " audition absolue „, c'est-à-dire de la faculté de reconnaître instantanément une note même isolée, faculté innée

(1) Page 153.

dont l'absence n'est nullement incompatible avec l'existence de dons musicaux développés (1).

A la justification mathématique de la consonance a succédé son explication physiologique ; aujourd'hui on en réclame une psychologique : la science musicale actuelle, dit Riemann, a renoncé à se préoccuper des phénomènes acoustiques ; elle cherche la solution de l'énigme dans le domaine des représentations sonores elles-mêmes. Toutefois, et c'est fort heureux, il se contredit quelque peu en reconnaissant qu'on ne saurait nier l'état de dépendance de ces dernières par rapport aux premiers.

Quoi qu'il en soit, Riemann se rapproche de la théorie de la *fusion* due à Stumpf ; mais il le fait avec une série de réserves peu claires, bien justifiées d'ailleurs par la faculté que possède l'organe auditif de distinguer les éléments d'un seul tout sonore, faculté qui s'oppose à l'idée d'une fusion plus qu'elle ne la confirme.

Son dédain pour l'acoustique nous paraît seul expliquer cette assertion que " l'on se demande encore pourquoi, seul, l'intervalle d'octave peut être élevé à une puissance quelconque sans que la fusion des sons soit le moins du mode amoindrie „. N'est-ce pas, en effet, la conséquence fort naturelle du fait que, l'élévation à l'octave opérant la dichotomie de la courbe vibratoire, la superposition de toutes les octaves possibles conserve inaltérés dans la vibration résultante les nœuds de la vibration fondamentale (2) ? Sous couleur de ne vouloir qu'une explication psychologique, Riemann en arrive à se contenter de cette énonciation : la " relativité des quantités d'intonation n'est rien autre qu'une dénomination pour la sensation spéciale par laquelle nous prenons conscience des rapports d'amplitude et de durée des vibrations „.

Plus intéressante est sa discussion contre Stumpf en vue de poser une différence absolue entre les intervalles musicaux et ceux qui ne le sont pas. Malheureusement il se perd dans des

(1) Nous possédons cette faculté assez développée, en sorte qu'à l'audition il nous semble entendre nommer les notes ; mais il nous est arrivé un accident assez singulier. Ne nous étant pas occupé de musique pendant plusieurs années, nous nous sommes aperçu ensuite que nous nommions les notes un demi-ton trop haut. Semblable accident est arrivé à une personne de notre connaissance.

(2) Il est vrai qu'on obtient la même constance des nœuds par la division en trois parties égales, qui donne ut^1, sol^2, $ré^4$, la^5..., mais les limites pratiques sont vite dépassées.

formules telles que celle-ci où il souligne lui-même comme nous le faisons : “ Cette conception harmonique des sons n'est rien moins que *la perception de sons isolés dans le sens d'harmonies*, c'est-à-dire de *conglomérats sonores, formant une unité absolue.* „ Mais plus claire est l'énonciation suivante : “ Sont consonants les sons qui appartiennent à une seule et même harmonie (accord parfait majeur ou mineur) et qui sont compris *dans le sens* de cette harmonie. Sont dissonants, les sons qui appartiennent à des harmonies différentes (1) „. On entrevoit là le point de départ d'une théorie qui pourrait être intéressante ; mais, malheureusement, l'auteur n'a pas le don de développer sa pensée avec clarté.

Intéressante aussi serait, si elle était mieux exposée, la théorie de la dissonance, d'après laquelle le son dissonant doit être *compréhensible* par rapport à l'harmonie avec laquelle il est en conflit, compréhensibilité qui le distingue des discordances ou formations *amusicales*. Cette théorie, notons-le, fait comprendre comment certains intervalles paraissent dissonants ou non, suivant qu'ils ne sont pas ou sont au contraire interprétés dans le sens d'un seul accord naturel, majeur ou mineur.

La question des *progressions interdites* donne lieu à quelques remarques intéressantes. Notamment l'interdiction des séries parallèles d'octaves ou de quintes paraît bien expliquée par la fusion trop facile des deux sons qui fait que, dans le cas de ces suites parallèles, les deux voix ne sont plus perçues distinctement.

C'est à Rameau que Hugo Riemann reconnaît l'honneur d'avoir fixé le premier avec une précision absolue, dans son *Traité de l'harmonie*, la notion de la tonique, en tant que point de concentration des rapports harmoniques du ton ; mais l'échelle diatonique moderne n'en est pas moins le point d'aboutissement naturel de la musique ancienne. Riemann fait ressortir d'ailleurs ainsi le double groupement, majeur et mineur, des sept degrés :

Majeur	Mineur
fa la ut mi sol si ré	*ré fa la ut mi sol si*

(1) Accord majeur : 1 : 1/2 : 1/3 : 1/4 : 1/5 : 1/6. Accord mineur : 6 : 5 : 4/3 : 2 : 1.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans l'étude un peu détaillée des questions de tonalité et de modulation.

Revenant sur l'étude du rythme, l'auteur insiste sur l'existence d'une unité moyenne de durée correspondant aux pulsations normales de l'homme et sur le rapport que présente avec cette unité moyenne l'unité de mesure d'un mouvement ou *tempo ;* il discute d'ailleurs assez longuement l'accentuation et le prolongement du temps fort.

Nous arrivons à ce qu'on pourrait appeler l'embryon de la composition musicale, au *motif.* Riemann s'élève justement contre l'énonciation d'un célèbre pédagogue allemand, Lobe, qui, dans son *Traité de composition,* donne ce nom de motif *au contenu d'une mesure* et découpe ainsi outrageusement tel fragment de Beethoven. Mieux inspiré est Nietzsche, quand il définit le motif *le geste de l'émotion musicale.*

Si le motif ne se confond aucunement avec le contenu de la mesure, il ne s'enferme pas moins dans une sorte d'unité du temps musical, et c'est dire qu'il ne saurait être long. S'il engendre ensuite toute une composition ou une partie notable d'une composition, c'est par une application du vieux principe de l'unité dans la diversité, et cela d'abord au moyen de l'imitation et de ses formes accessoires, dont la première est la simple répétition. D'autres fois une transposition, partielle ou totale, à l'octave introduit un changement rudimentaire ; une transposition sur un autre degré de l'échelle tonale s'écarte un peu plus de la simple répétition. Puis on altère la composition même du motif en en modifiant tel ou tel intervalle, ou bien on le *renverse.*

A côté de ces imitations par changement d'intonation se placent les imitations par changement du rythme, ce qui constitue le procédé de la *variation.* Nous ne pouvons d'ailleurs que signaler les *motifs adjoints,* assez longuement étudiés par Riemann et dont l'usage reposerait sur des rapports rétrogrades de motif à motif.

Les motifs fragmentaires s'associent pour donner naissance à des formes plus grandes, et c'est là que le *contraste* peut acquérir un rôle important ; mais alors apparaît la question de l'unité qui doit rester un caractère essentiel de l'œuvre, et celle du " tempo „ en est une des plus sûres garanties. Cette unité de tempo n'empêche pas d'ailleurs des mouvements d'apparence plus ou moins rapide, grâce aux progressions par valeurs inférieures et par valeurs supérieures à l'unité de temps. Ainsi,

dans un *allegro*, à un premier thème en présentant nettement le caractère, succédera un second thème plus mélodique " en manière „ d'*adagio* ou d'*andante*. Est-il besoin d'ajouter que l'on affirme encore mieux les contrastes par l'emploi de tonalités différentes, ainsi que par des oppositions de *forte* et de *piano*. Enfin le contraste des deux thèmes peut aboutir au *conflit*, analogue à la dissonance. Le conflit se manifeste d'ailleurs dans le *développement*, dont la notion, dit Riemann, est extraordinairement compliquée, car il doit, d'une part, former un contraste avec les thèmes, revêtir un aspect non thématique et, d'autre part, ne rien offrir qui ne soit déjà enfermé dans les thèmes : il combine leurs éléments en une sorte d'alternance kaléidoscopique.

Arrivé au terme de son étude pour ainsi dire technique, l'auteur revient à la question de la nature propre de la musique. Avant tout, répète-t-il, elle transmet les sentiments *directement* de l'âme du compositeur dans celle de l'auditeur ; puis, en second lieu seulement, étant l'un des beaux arts, elle est la manifestation de la joie de créer, le tout sans intervention de la réflexion. En un mot, elle n'est que l'expression spontanée du sentiment sous une belle forme, sans aucune prétention à la *caractéristique* ou faculté de représentation. Ainsi comprise, elle est exclusivement instrumentale et constitue la *musique pure*, une des conquêtes de ces derniers siècles, car ce n'est qu'au XVIIe siècle que la musique commence à se détacher de son alliance avec la danse et la poésie. Contrairement à ce que pense Riemann, il nous semble que la musique pure, qui renonce à toute attache avec son origine vocale et s'enferme de plus en plus dans ces transformations du motif fort bien décrites par lui, tend vers le type de l'*arabesque*, signalé par Hanslick comme son type supérieur, et appelle la contemplation intellectuelle de ses ingénieuses combinaisons. Nous voyons donc là deux pôles opposés, tous deux légitimes, entre lesquels oscille l'art musical. Si, selon le mot final de l'ouvrage, la musique la plus haute *ne veut rien représenter d'autre que ce qu'elle est en soi et par soi*, il nous paraît difficile qu'elle demeure avant tout un mode de transmission du sentiment, quelle que soit sa puissance expressive.

Au milieu d'expressions pénibles, que la traduction n'a sans doute pas rendues plus claires, l'ouvrage de Riemann présente des aperçus intéressants ; mais, en écartant toute explication physique ou physiologique, il se condamne à laisser bien des choses inexpliquées, au sujet desquelles il ne peut écrire que

des phrases assez creuses. Comme conclusion dernière, nous dirons que la vue de cette traduction nous a fait regretter qu'on ne nous en ait pas encore donné une de la célèbre *Tonpsychologie* de Stumpf.

G. Lechalas.

XVI

Hydraulique agricole et urbaine, par G. Bechmann. Un volume gr. in-8° de 642 pages *(Encyclopédie des Travaux Publics de Lechalas)*. — Paris, Ch. Béranger, 1906.

M. Bechmann, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé du cours d'Hydraulique agricole et urbaine à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, vient de publier, sous le titre ci-dessus, la substance de son cours. Il y traite de l'eau envisagée au double point de vue de son rôle en agriculture et de son influence sur la salubrité des villes. Il y passe en revue, avec l'autorité qui s'attache à son nom, tout ce qui a rapport à l'utilisation rationnelle de l'eau, tant au point de vue de la culture des terres qu'à celui de l'alimentation et de l'assainissement des villes. Toutes ces applications de l'hydraulique doivent tenir une place considérable dans les études techniques de l'ingénieur.

Les élèves des Écoles spéciales de Louvain ont, dans le cours de chimie industrielle, un chapitre étendu traitant des eaux et trouveront, dans l'ouvrage que nous analysons, des développements importants qui les intéresseront tout spécialement. Ils y retrouveront tout ce qui a rapport aux eaux diverses sous le rapport de leur composition, de leurs propriétés et de tout ce qui concerne les distributions d'eau, l'évacuation des eaux usées et l'épuration des eaux résiduaires.

L'ouvrage comprend, en trois parties, 28 chapitres.

La première partie s'occupe de l'hydrologie avec toutes les généralités sur le régime et l'aménagement des eaux : eaux météoriques, eaux courantes et eaux souterraines. Effets produits par les unes et par les autres. Utilisation de la pente des cours d'eau, disposition des prises d'eaux d'usine, défense contre les effets nuisibles des eaux. On y trouve aussi ce qui a rapport à l'amélioration des eaux naturelles pour l'alimentation

ou pour les usages industriels, au transport de l'eau à distance et à l'élévation mécanique de l'eau.

La deuxième partie est affectée à l'hydraulique agricole et on y trouve, après des notions de génie rural sur le sol, la végétation, les assolements, les engrais, etc., l'utilisation de l'eau en agriculture, l'emploi des irrigations et l'examen des diverses méthodes utilisées. Nous avons retrouvé, dans ce chapitre, les méthodes utilisées dans la Campine belge où les irrigations auraient pu rendre des services beaucoup plus grands si le canal de jonction de la Meuse à l'Escaut avait pu suffire pour donner les quantités d'eau nécessaires aux irrigations. Les besoins de la navigation ont malheureusement empêché de donner à l'agriculture ce qu'elle réclamait dans cette province aride que les irrigations devaient transformer.

La troisième partie, Hydraulique urbaine, est d'autant plus intéressante que l'auteur, anciennement chef du service municipal des eaux et de l'assainissement de Paris, a une compétence toute spéciale pour y traiter des questions de salubrité et d'hygiène : rôle de l'eau, travaux d'alimentation, réservoirs de distribution, réseaux de conduite, vente et tarification. L'auteur termine par les travaux d'assainissement, les égouts et l'épuration du sewage ; il passe en revue l'épuration par le sol avec et sans utilisation agricole, les procédés chimiques et les procédés bactériens ou biologiques.

W.

XVII

Le Sucre. Les Plantes saccharifères, par C. Maréchal. Un volume in-8° de 148 pages, figures dans le texte. — Bruxelles, Knoetig, 1906.

L'auteur de ce travail a voulu présenter au lecteur un aperçu de la question sucrière sous ses différents aspects : origine, fabrication, emplois et propriétés. C'est une œuvre de vulgarisation dont les éléments ont été puisés à bonnes sources.

Nous eussions souhaité toutefois voir traiter de façon plus circonstanciée des plantes saccharifères autres que la canne et la betterave, car c'est justement sur cette partie du sujet que le grand public est le plus ignorant. Dans le même ordre d'idées,

M. C. Maréchal eût, je pense, intéressé ses lecteurs en insistant sur le grand nombre de variétés des cannes, sur leur culture et sur les sélections que l'on continue à opérer dans beaucoup de laboratoires coloniaux. Nous en dirons autant pour la betterave ; ce n'est pas du jour au lendemain qu'on est arrivé à obtenir une betterave sucrière de grand rendement, et les recherches qui nous l'ont donnée ne sont pas sans intérêt. Souhaitons aussi que les gravures qui accompagnent le texte acquièrent dans une prochaine édition la netteté qui leur manque absolument dans celle-ci ; et conseillons à l'auteur de revoir avec soin les noms scientifiques des parasites végétaux et animaux des deux principales plantes saccharifères : plusieurs erreurs s'y sont glissées qui rendent pénible la lecture et parfois même l'intelligence du texte.

Mais ce sont là critiques de détail, et volontiers nous signalons à ceux qui s'intéressent aux produits de grande culture et de consommation mondiale la brochure de M. C. Maréchal.

É. D. W.

XVIII

Minnesota plant diseases, par G. M. Freeman, assistant à la chaire de botanique à l'Université de Minnesota. Un vol. de 450 pages, avec 211 figures. — Saint-Paul, Minnesota, 1905.

Dans ces dernières années la connaissance des maladies des végétaux cultivés a fait d'immenses progrès et l'on s'est efforcé partout de les utiliser. La Belgique s'y est employée très énergiquement, mais il est permis de regretter que les bienfaits de cette lutte contre les cryptogames, causes, dans bien des cas, de ces maladies, ne soient pas encore suffisamment connus et appréciés de nos cultivateurs. L'auteur du travail que nous signalons ici estime à plusieurs millions de dollars les pertes annuelles causées dans les plantations du Minnesota par les maladies cryptogamiques des végétaux ; c'est assez dire combien il importe d'y veiller.

Nous n'entrerons pas au détail du contenu de cet ouvrage, admirablement édité et illustré, comme d'ailleurs le sont la plupart des ouvrages publiés par le *Board of Regents of the University for the People of Minnesota*. Disons seulement que l'auteur étudie, dans une première partie, les maladies dans leur généralité et

les divers moyens de les combattre; dans la seconde, il examine plus spécialement les maladies cryptogamiques signalées dans les divers groupes de végétaux cultivés. Une table très détaillée termine le volume. Nous le recommandons vivement à tous ceux qui s'occupent des maladies des plantes ou s'y intéressent dans un but pratique.

É. D. W.

XIX

L'Argentine au xxe siècle, par A. B. Martinez et M. Lewandowski, avec une préface par Ch. Pellegrini, ancien Président de la République Argentine. — Paris, Armand Colin, 1905.

Ce livre, destiné à faire connaître en France la situation présente et l'avenir économique de la République Argentine, est intéressant aussi pour nous, Belges, qui voyons chaque année un bon nombre de nos compatriotes aller demander là-bas à l'agriculture et à l'industrie les moyens d'existence. D'ailleurs, l'attention de notre vieille Europe se porte de plus en plus vers ce pays, comme le prouvent les nombreux écrits qu'on ne cesse de lui consacrer sur le continent. Aux livres s'ajoutent les discours, et récemment encore, au dernier Congrès colonial allemand, M. le Dr R. Jannasch de Berlin, qui a visité l'Argentine, insistait sur la valeur de cette région au point de vue de l'économie générale et de l'expatriation.

Il est indiscutable, comme le démontrent dans leur livre MM. A. Martinez et Lewandowski, que la République Argentine a subi une immense évolution et que cette évolution a été relativement pacifique, surtout si on la compare à celle de certains États voisins, dont l'instabilité politique a empêché d'ailleurs le développement économique. Ce qui intéresse surtout dans l'évolution de ce pays, c'est la mise en valeur rapide des richesses de son sol, qui a eu pour résultat un mouvement commercial intense ouvrant des débouchés nouveaux à l'industrie et aux capitaux européens; c'est sur ce point qu'insiste également l'auteur allemand auquel nous faisions allusion plus haut.

Au point de vue agricole, l'Argentine peut être divisée en trois régions principales : une région chaude au nord, une

région tempérée au centre et une région un peu plus rude au sud. Ces trois régions permettent la culture de plantes variées. Les principales cultures faites en grand sont celles du blé, du lin, du maïs et de la luzerne. Elles s'étendaient, en 1904-1905, sur une superficie totale de 10 273 054 hectares, soit 1 738 681 hectares de plus qu'en 1902. Une culture sur laquelle il y a lieu d'insister au point de vue argentin, c'est celle de la luzerne. Cette plante est cultivée à deux fins : pour l'exportation à l'état de foin, et pour l'alimentation et l'engraissement du bétail. Les premières cultures se rencontrent le plus souvent à proximité des stations de chemins de fer de façon à permettre l'écoulement facile de la production, destinée surtout au Brésil et à l'Afrique du Sud. Mais la grande zone de cette culture se trouve plus avant dans l'intérieur des terres, où le produit est surtout destiné à l'élevage et à l'engraissement des bêtes à cornes. Aussi le commerce et l'industrie, dérivant de l'élevage, ont-ils fait de grands progrès dans l'Argentine où se trouvent actuellement représentées et sélectionnées les meilleures races de l'Europe.

Il faudrait parler aussi des grandes cultures industrielles, qui existent dans la région, et peuvent être largement développées. Citons entre autres : la canne à sucre ; la vigne, dont les produits, préparés par des procédés plus modernes, pourraient lutter contre l'importation ; le tabac ; le mûrier qui permettrait l'élevage du ver à soie ; le maté dont la consommation déjà importante va croissant ; le coton dont l'avenir est brillant ; le caoutchouc que l'on aurait découvert dans certaines régions, et enfin les fruits qui pourraient donner lieu à un commerce dont le développement semble assuré.

Il suffira, pour démontrer les progrès déjà réalisés, de citer ici quelques chiffres. En 1900, la valeur totale de l'exportation atteignait, pour les produits de l'élevage, 61 000 000 piastres or, en 1904 cette valeur a été de 105 000 000 ; de même pour la valeur des produits de l'agriculture, elle était en 1900 de 73 000 000, et en 1904, de 150 000 000 piastres or.

Un fait économique qui a agi très heureusement sur ce développement, c'est la conversion monétaire, qui supprimait l'agio si préjudiciable aux affaires. Encore, ce qui manque surtout aux Argentins, c'est le capital ; mais il leur viendra sûrement de l'étranger, dès que la paix intérieure aura permis au régime politique de se perfectionner et à l'administration de s'améliorer.

Dès maintenant, en tous cas, l'Argentine mérite de fixer l'attention de l'Europe.

Comme le dit justement M. Pellegrini dans la préface qu'il a bien voulu écrire pour ce livre : " Cet ouvrage doit être lu par tous ceux qui ne croient pas que l'Europe soit le résumé de l'humanité et s'appliquent, au contraire, à suivre le développement de tous les autres peuples, comprenant combien il est nécessaire pour les grandes nations d'observer l'évolution et les progrès des nations plus jeunes. Ils évitent ainsi de se laisser surprendre par l'apparition subite de grandes forces économiques ou politiques, qui n'avaient pas été pressenties ou dont on n'avait point su profiter. "

Souhaitons que l'Europe française profite de ce conseil et qu'elle étudie plus que jamais la situation économique et politique des pays d'outre-mer ; des monographies du genre de celles de MM. Martinez et Lewandowski lui seraient d'un précieux secours et de la plus grande utilité.

É. D. W.

XX

Compte rendu des opérations et de la situation de la Caisse générale d'épargne et de retraite instituée par la loi du 16 mars 1865 sous la garantie de l'État. Année 1905. — Un vol. in-8° de 242 pages. — Bruxelles, 1906.

Le compte rendu annuel des opérations et de la situation de la Caisse générale d'Épargne et de Retraite vient de paraître ; il contient de très nombreux renseignements statistiques. J'y ai puisé ce qui m'a paru le plus propre à montrer les progrès des trois institutions, Caisse d'épargne, Caisse de retraite, Caisse d'assurances, qui forment la Caisse générale ; le tableau suivant donne pour la période décennale 1895-1905 un premier aperçu de ces progrès.

31 DÉCEMBRE	A. CAISSE D'ÉPARGNE					B. CAISSE DE RETRAITE		C. CAISSE D'ASSURANCES	
	NOMBRE DE LIVRETS EXISTANTS	MONTANT DES DÉPÔTS SUR LIVRETS (en millions)	MONTANT TOTAL DES SOMMES DÉPOSÉES (en millions)	MONTANT NOMINAL DES DÉPÔTS SUR CARNETS DE RENTES BELGES (en millions)	AVANCES AUX SOCIÉTÉS D'HABITATIONS OUVRIÈRES ET DE CRÉDIT AGRICOLE (en millions)	NOMBRE APPROXIMATIF D'AFFILIÉS	FONDS DES RENTES (en millions)	NOMBRE D'ASSURÉS	FONDS D'ASSURANCES (en millions)
1895	1 145 408	453	466	114	12	30 000	15,0	3615	1,03
1900	1 757 906	661	678	185	38	300 000	31,0	13 430	6,27
1905	2 311 845	786	806	357	64	780 000	85,2	27 287	11,85

A l'origine, la Caisse générale accordait uniformément 3 °/₀ d'intérêt sur la totalité des dépôts d'épargne. En 1881, année de la conversion du 4 1/2 °/₀ rentes belges, le taux d'intérêt fut réduit à 2 °/₀ pour la partie des dépôts dépassant 12 000 francs ; en 1886, année de la conversion du 4 °/₀ rentes belges, le taux d'intérêt fut réduit à 2 °/₀ pour les dépôts dépassant 5000 francs. En 1891, la limite de 5000 francs est abaissée à 3000 ; en 1894, le 3 1/2 °/₀ rentes belges est converti et la réduction du taux de l'intérêt frappe tout dépôt ayant dépassé 3000 francs dans le courant de l'année. Enfin, en 1902, il fut décidé que le taux d'intérêt de 2 °/₀ serait appliqué aux dépôts ayant dépassé 2000 francs dans le courant de l'année. La réduction progressive de l'intérêt accordé aux dépôts n'a pas entravé le développement de la petite épargne ; dans ces dernières années, le nombre et le montant des livrets de 2000 francs et moins n'ont cessé de s'accroître. Le nombre et le montant total des livrets de 2 à 3000 francs ont diminué. Ces résultats apparaissent dans le tableau de la page suivante :

La diminution de l'importance des livrets de 2 à 3000 francs a eu comme contre-partie des conversions nombreuses de dépôts d'épargne en inscriptions sur carnets de rentes belges. Le total des dépôts sur carnets de rentes s'est élevé depuis 1900 de 185 à 357 millions.

31 décembre	NOMBRE DE LIVRETS				SOMMES DÉPOSÉES SUR LIVRETS (1) (en millions)			
	1 à 1000 francs	1000 à 2000 francs	2000 à 3000 francs	Au-dessus de 3000 francs	1 à 1000 francs	1000 à 2000 francs	2000 à 3000 francs	Au-dessus de 3000 francs
1902	1 714 767	203 960	48 218	6525	229,4	308,7	123,3	48
1903	1 819 052	242 558	18 765	8073	241,8	373,6	46,4	53,7
1904	1 922 918	260 881	13 358	7895	254,3	401,2	32,2	55,9
1905	2 009 625	283 181	11 354	7685	262,8	424,7	27,2	49,7

L'épargne a pris en Belgique un développement considérable ; en 1898, on comptait un livret pour cinq habitants, un pour quatre, en 1900, actuellement, presqu'un livret pour trois habitants. L'épargne n'est pas pratiquée également dans tout le pays; l'arrondissement de Bruxelles compte le plus d'épargnants, 448 pour 1000 habitants, celui de Hasselt, le moins, 181 pour 1000 habitants. C'est dans l'arrondissement de Furnes que les dépôts d'épargne sont relativement le plus élevés, 592 francs, en moyenne, par livret ; c'est dans celui de Mons qu'ils sont le plus faibles, 224 francs, en moyenne, par livret. Le nombre d'épargnants est sensiblement le même pour les deux sexes ; sur 226 073 livrets créés en 1905 et soumis à l'observation, on en a relevé 116 947 pour les hommes et 106 650 pour les femmes. La classe ouvrière continue à fournir le plus fort contingent d'épargnants ; les progrès de l'épargne scolaire s'accentuent de plus en plus, ce qui est un heureux présage pour l'avenir des œuvres de prévoyance : sur 100 000 livrets créés annuellement on en comptait, en 1905, 57 165 appartenant à des enfants mineurs. Ce chiffre suggestif montre autant l'excellente situation de l'épargne scolaire que les heureux résultats de la loi de 1900 sur l'épargne de la femme mariée et du mineur. Avant cette loi, sur 100 livrets ouverts au nom de femmes majeures, 13 à 14 % de celles-ci, seulement, se déclaraient mariées ; la proportion varie actuellement de 41 à 42 %. En 1901, au lendemain de la

(1) Non compris les intérêts de l'année courante.

mise en vigueur de la loi, 10 513 livrets furent ouverts sous son bénéfice. En 1905 le nombre de ces livrets avait doublé, 20 379.

L'augmentation des dépôts a pour conséquence l'augmentation des placements de la Caisse d'épargne. De 768 839 840 fr. 38, en 1903, ils se sont élevés à 796 457 493 fr. 81, en 1904 et à 821 749 468 fr. 71 en 1905. Un fait important à constater, c'est que le taux des produits des placements diminue alors que l'intérêt bonifié aux dépôts correspondants augmente. Ce taux a été de 3 °/₀ 15 en 1903, de 3 °/₀ 074 en 1904, de 3 °/₀ 018 en 1905 ; l'intérêt moyen des dépôts a été de 2 °/₀ 75 en 1903, de 2 °/₀ 80 en 1904, de 2 °/₀ 82 en 1905. Cette situation provient évidemment, d'une façon générale, de la diminution de la valeur du loyer de l'argent, mais elle tient aussi à certains placements onéreux. Au 31 décembre 1905, la Caisse générale avait avancé aux sociétés d'habitations ouvrières : fr. 27 790 128,13 à 2 1/2 °/₀, fr. 32 751 603,43 à 3 °/₀ et seulement fr. 1 676 476,17 à 3 1/4 °/₀. Depuis dix ans le total des avances aux sociétés de l'espèce a plus que quadruplé et a passé de 2 °/₀ 96 à 7 °/₀ 68 de l'ensemble des placements définitifs. La Caisse d'épargne ne retire pas 3 °/₀ des avances faites aux comptoirs agricoles et, d'autre part, elle accorde un intérêt de 3 °/₀ sans limitation de dépôt, aux sociétés d'habitations ouvrières, aux sociétés coopératives de crédit agricole affiliées à une caisse centrale et aux sociétés mutualistes reconnues.

La loi du 15 avril 1884 a permis à la Caisse d'épargne d'employer une partie de ses fonds disponibles en prêts aux agriculteurs à l'intervention de comptoirs responsables. Jusqu'ici cette disposition n'a pas produit de grands résultats. Huit comptoirs existaient seulement au 31 décembre 1905 ; à cette date, 1968 prêts étaient en cours pour un total de fr. 8 190 941,84 ; 789 de ces prêts, représentant fr. 4 071 741,15, avaient été conclus à l'intervention d'un seul comptoir, celui de Genappe. Depuis 1884 jusqu'au 31 décembre 1905, 2935 prêts ont été consentis pour un total de 17 160 809 francs.

Les rapports de la Caisse d'épargne avec les sociétés coopératives de crédit agricole affiliées à une caisse centrale ont été réglés par la loi du 21 juin 1894. Au 31 décembre 1905 le nombre de ces sociétés s'élevait à 438. Six caisses centrales et 237 caisses locales avaient effectué des dépôts à la Caisse d'épargne pour une somme globale de fr. 4 464 353,81 ; 163 sociétés avaient obtenu des ouvertures de crédit pour une somme de 594 832 francs, mais ne s'en étaient servies qu'à concurrence de fr. 143 252,34. Le montant total des prêts effectués par les sociétés rurales, qui

ont fourni des renseignements détaillés, s'élevait, à la fin de 1905, à fr. 5 138 687,88 ; ces mêmes sociétés avaient recueilli fr. 12 658 174,83 de dépôts d'épargne. On peut en déduire que les sociétés rurales fonctionnent en général avec plus d'activité comme caisses d'épargne que comme caisses de crédit.

Au 31 décembre 1905, 170 sociétés d'habitations ouvrières étaient agréées par la Caisse d'épargne, 160 sous forme anonyme, 10 sous forme coopérative. Fr. 59 716 604,06 avaient été avancés à 126 sociétés de crédit ; fr. 2 501 603,67 à 38 sociétés immobilières. Au 31 décembre 1905, le solde des fonds déposés en comptes courants à la Caisse d'épargne par les sociétés agréées se montait à fr. 4 344 864,11. Jusqu'à présent et depuis l'origine les sociétés agréées ont construit ou acquis 33 046 maisons.

Le 31 décembre 1900 la Caisse de retraite comptait 300 000 affiliés, elle en comptait 780 000 au 31 décembre 1905. Au cours de 1905 le nombre des affiliés s'est accru de 85 138, y compris 11 967 militaires affiliés en vertu de la loi de 1902 sur la milice et la rémunération des miliciens. De 31 millions de francs en 1900, le fonds des rentes s'est élevé à 85,2 millions en 1905. Au 31 décembre 1905, il existait 175 mutualités patronales comptant 52 793 adhérents. Le montant des versements s'est élevé de fr. 5 121 056,02 en 1900, à fr. 12 685 100,71 en 1905.

Les primes de l'État afférentes aux versements de 1904 ont été de fr. 3 549 997,20 répartis entre 503 548 affiliés, dont 503 332 mutualistes et militaires et 216 affiliés versant à titre particulier. Les primes des provinces ont été de fr. 527 490,42 ; les primes des communes ne sont pas renseignées.

Au 31 décembre 1905, la caisse d'assurance comptait 29 099 contrats représentant fr. 60 663 388,43 de capitaux assurés. De ces 29 099 contrats, 23 284 avaient été conclus dans le but de garantir, en cas de décès, le remboursement de prêts consentis pour l'achat ou la construction d'habitations ouvrières ; 5845 avaient été conclus en matière d'assurance sur la vie pure et simple. Ces derniers contrats ne représentent que fr. 7 642 399,58 de capitaux assurés.

***

XXI

De l'Esprit du gouvernement démocratique, par Adolphe Prins. Un vol. in-8° de 294 pages. — Bruxelles-Leipzig, Misch et Thron, 1906.

Le nom seul de l'auteur donne la garantie d'une œuvre solide et consciencieuse. Des pensées originales et personnelles, une doctrine nette et sûre, le tout exprimé dans une langue claire et facile : voilà ce qu'on espère en ouvrant un livre où s'étale la signature si avantageusement connue de M. Prins. Et vraiment, l'attente est loin d'être déçue pour qui prend le loisir de suivre l'éminent professeur dans la dernière étude qu'il a publiée sur les bases de la politique moderne, je veux dire sur les principes qui, grâce au contrat social de Rousseau, sont devenus depuis la fin du XVIIIe siècle la norme incontestée de tout bon gouvernement. Il ne s'agit ni d'exalter ni de conspuer la démocratie, mais de rechercher les conditions normales d'existence du régime démocratique. Vérifier les assises qu'on lui donne dans l'école radicale, voilà ce qu'a entrepris l'auteur, esprit assez vigoureux et assez sûr de lui-même pour aborder, sans l'appui d'une pensée étrangère, la revision d'un problème qu'on aurait pu dire classé et sur la solution duquel bien des penseurs soi-disant libres se seraient fait scrupule de revenir. Sa conclusion n'est pas de nature à satisfaire le snobisme démocratique : d'après lui, le principe égalitaire, le principe majoritaire et le suffrage universel, ces trois axiomes du radicalisme simplificateur qui nous enveloppe de son atmosphère depuis le contrat social, ne sont autre chose que " des idées générales subsistant par routine et passant pour des vérités d'avenir, alors qu'elles sont déjà dans le passé et que les expériences faites, l'étude attentive des évènements, des faits économiques et des institutions politiques ont élargi l'horizon et fait entrevoir des progrès nouveaux ".

C'est d'abord à l'utopie égalitaire que s'attaque M. Prins. Ce rêve d'une cité parfaite et d'une société d'égaux, vieux comme le monde et se rajeunissant d'époque en époque avec lui, s'est reproduit de nos jours sous la forme du marxisme, tout comme on l'avait vu grandir il y a un siècle sous la forme d'une protestation contre le pouvoir des rois et d'une revendication de la souveraineté populaire. Les bourgeois s'étaient contentés d'appliquer le principe égalitaire à la vie politique ; les prolétaires étaient dans leur droit en le transportant sur le domaine économique et en réclamant comme société idéale, non pas celle où tout le monde aurait son mot à dire dans l'élection des chefs et la confection des lois, mais celle où régnerait la parfaite égalité des conditions sociales, où il n'y aurait plus distinction de riches et de pauvres, de capitalistes et de travailleurs, une société où la production des biens aurait lieu également pour tous, sans

capital ni propriété privée. L'auteur s'attache à montrer que cette dernière conception est particulièrement simpliste et que sa réalisation marquerait non pas un progrès, mais un recul. Un système de propriété sociale sans capital ni échange, tel que le collectivisme le conçoit, ce n'est pas un point d'arrivée, mais un point de départ ; l'évolution progressive, loin de nous conduire au nivellement de toutes les différences et de toutes les variétés, à l'unification des groupes, des organes et des individus, aménera " une différenciation toujours plus marquée des facteurs sociaux, une spécialisation de plus en plus accentuée de tous les éléments de la vie sociale qui, latents dans la communauté naissante, s'en détachent et se développent à travers les siècles „. Du même coup apparaît l'erreur grossière des radicaux touchant l'égalité politique. Dire que tous les hommes ont un droit égal au pouvoir, c'est admettre que tous sont également qualifiés pour le gouvernement, c'est ne pas tenir compte " des inégalités et supériorités résultant de la nature même et correspondant à des degrés divers de capacités, d'aptitudes, de devoirs et de responsabilités „. La vraie démocratie doit sans doute combattre les classifications arbitraires et conventionnelles de citoyens ; mais à vouloir empêcher les classes et les ordres de se dessiner sous la poussée de la nature elle-même, on ne peut produire que la médiocrité parce qu'on empêche la libre expansion des forces sociales.

Où M. Prins est surtout original, c'est quand il montre, en discutant le principe majoritaire, que, pratiquement, ceux-là mêmes qui proclament la souveraineté populaire doivent reconnaître à un groupe le pouvoir exclusif de gouverner le reste de la communauté. Pour connaître la volonté générale, unique arbitre de toutes les mesures à prendre, ils ne tiennent compte que de la majorité, c'est-à-dire qu'ils admettent cette fiction représentative " que la moitié plus un vaut la totalité „. Or, de quel droit peuvent-ils agir ainsi, après avoir posé comme principe que " toute loi que le peuple en personne n'a pas ratifiée est nulle „ ? Si une fraction peut commander au nom du tout, pourquoi pas un Parlement ou un César plébiscitaire ? Le gouvernement du peuple par le peuple n'est qu'un mot sonore dans un régime où les volontés individuelles ne comptent que si elles sont majorité. Pourquoi une décision prise par la collectivité moins ma voix devient-elle la volonté générale plutôt que la volonté des autres ? Le principe majoritaire est impuissant à me faire comprendre pourquoi je dois m'y soumettre. Impossible de me prouver que c'est pour moi un devoir de payer des impôts que je n'ai point

votés, sans faire appel — comme dit très bien le savant professeur bruxellois — à une loi morale qui plane par dessus la volonté du peuple elle-même, modérant à la fois les actes de la majorité et ceux de la minorité et imposant des limites à leurs caprices, une loi qui commande à la minorité de s'incliner devant les décisions du plus grand nombre au nom de l'ordre légal, mais qui commande en même temps à la majorité de s'incliner devant l'intérêt de tous au nom de la justice.

Reste une troisième idole dont le XIXe siècle a propagé le culte : c'est le suffrage égalitaire de tous les individus comme moyen de désigner les représentants du peuple et de connaître ce qui est dans l'intérêt commun. Celle-là aussi est renversée impitoyablement par M. Prins. Le suffrage universel brut, conclut-il avec sa franche impartialité, est un véritable trompe-l'œil : il n'a fourni ni une expression fidèle de la volonté générale, ni une sélection rationnelle des hommes de gouvernement, ni un moyen efficace d'assurer l'équilibre politique, la protection et la représentation des intérêts de tous.

Un dernier chapitre étudie comment il faut tempérer ce que ces principes de la démocratie classique ont d'absolu, comment il faut corriger ce qu'ils ont de chimérique, pour obtenir un système réalisable, " une démocratie moins exubérante — comme dit M. Prins dans son Introduction — d'apparence moins régulière et moins parfaite, mais tenant mieux compte de la relativité de la vie, des traditions, des nécessités pratiques, et cherchant plus à combiner les éléments en présence qu'à détruire ceux qui lui déplaisent ". La vraie façon d'organiser le régime démocratique est précisément, d'après lui, de favoriser ce que Rousseau condamnait, de tenir mieux compte de la structure naturelle de l'État, de laisser se développer les groupements partiels dont il est constitué. L'expérience anglaise démontre que le maintien d'une structure organique de l'État et de groupes locaux n'empêche pas la formation du sens social et la poursuite efficace de l'intérêt commun, tandis que le radicalisme centralisateur, avec son esprit égalitaire et individualiste, n'a pu empêcher les plus violentes oppositions des intérêts et des volontés. " La démocratie n'est rien sans de fortes institutions locales ; la liberté n'est rien sans de fortes libertés locales ; une bonne administration et une bonne représentation des intérêts locaux ont plus d'importance à ce point de vue que l'élévation du chiffre des électeurs ou l'égalité numérique des votants. "

Réaction courageuse contre des erreurs passées à l'état

d'axiomes, le livre de M. Prins rencontrera sans doute des adversaires qui le condamneront sans vouloir le discuter. Il n'en aura pas moins grande influence sur les esprits sincères, qui apprendront de lui à distinguer entre la démocratie réelle et la démocratie d'imagination. Cette étude sera lue avec avantage non seulement par les professionnels de la matière, mais par tous ceux qui sont en quête d'une réponse adéquate aux bruyantes déclamations des démagogues modernes. Jamais, croyons-nous, on n'a mieux réfuté le socialisme en restant sur son terrain ; jamais on n'a mieux montré aux radicaux que la raison, le seul juge qu'ils reconnaissent, les condamne.

E. D.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE

Les dépôts siluriens dans le nord de l'Afrique. — Au nombre des résultats les plus remarquables qu'aient fait ressortir les dernières explorations africaines, il faut mentionner la découverte, faite en différents points du Sahara et du Maroc, de schistes siluriens à graptolithes, indiquant soit l'étage gothlandien, soit peut-être aussi le sommet de l'ordovicien.

La première indication de ce genre avait été donnée par M. Munier-Chalmas, qui, en clivant un schiste rapporté par l'explorateur Foureau des environs de Timassanine, y découvrit un *Climacograptus* (1). Depuis lors, on a rencontré, à cent et dix kilomètres au sud-est d'In-Salah, du schiste à *Diplograptus, Climacograptus, Monograptus* (2), et, plus récemment encore, M. Gentil (3) a trouvé, dans l'Atlas marocain, à cent kilomètres à l'est de Marrakech, des schistes contenant les *Monograptus, Rastrites* et *Diplograptus* caractéristiques de la base du gothlandien.

Pendant ce temps, M. Brives (4) recueillait des orthocères aux environs de Marrakech, dans un ensemble de schistes et de quartzites. Si l'on songe que, jusque là, le gothlandien n'était pas connu au sud de l'Espagne et de la Sardaigne, on jugera

(1) Haug *in* Foureau, *Mission saharienne*, 1905.

(2) Cottenest *in* Flamand, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXL, p. 954.

(3) Bulletin de la Société géologique de France, 4e série, t. V, p. 521.

(4) *Société géologique de France*, 7 février 1905.

de l'extension considérable que ces nouvelles découvertes permettent d'attribuer à la mer du silurien supérieur.

Le dévonien en Podolie. — La question, longtemps embrouillée, du prétendu silurien supérieur de la Bohême, a fini par être éclaircie le jour où on a reconnu que Barrande avait, par erreur, compris dans son système silurien toute une série de couches qui, en réalité, formaient l'équivalent du dévonien inférieur et même, en partie, du dévonien moyen. Ces deux étages se sont développés, en Bohême, sous un facies tout à fait différent de celui qui prévaut en Belgique et dans l'Eifel. Ce facies spécial a reçu le nom d'*hercynien*, et on a constaté qu'il caractérisait également le dévonien inférieur dans l'Oural méridional.

Il était à présumer que le régime marin de la Bohême se reliait, à l'époque dévonienne, avec celui de l'Oural, et que la communication devait s'établir par la Podolie. Cette induction est devenue une certitude, depuis les constatations faites dans cette contrée par M. Siemiradzki (1). Le silurien supérieur, en couches sensiblement horizontales et très fossilifères, forme une série complète, où l'on distingue les divers horizons du Wenlock et du Ludlow, y compris les couches de passage, schistes ou grès verts et rouges, à *Beyrichia*.

Par-dessus apparaît le dévonien inférieur à *Pteraspis rostratus*. Mais tandis que, dans l'ouest, à Buczacz, ce sont des grès rouges typiques *(old red)*, à Zaleszczycki, des calcaires apparaissent dans les schistes et, à Satanow, plus à l'est, les calcaires intercalés deviennent bitumineux.

Le même passage latéral s'observe dans les couches à *Coccosteus*, qui surmontent les précédentes. A l'ouest, ce sont des grès rouges, et, en passant vers l'est, on les voit se transformer graduellement en schistes verdâtres avec intercalation de calcaires où abondent les espèces de l'étage F_2 de Bohême. Les *Streptorhynchus umbraculum*, *Strophomena interstrialis*, *Rhynchonella pseudolivonica*, figurent dans cette faune. Sur le Zbrucz supérieur et ses affluents, cet horizon offre des bancs de polypiers, *Amplexus eurycalyx*, *Michelinia geometrica*, *Heliolites porosa*, par lesquels le dévonien hercynien de la Podolie se relie aux couches de Pologne et à celles de la Bohême. L'horizon paléontologique, dont il vient d'être question, avait été signalé

(1) Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie, janvier 1906.

en 1899 par M. Wenukow; mais cet auteur y avait vu une apparition de fossiles dévoniens dans le silurien.

D'aprés M. Siemiradzki, le silurien supérieur de la Podolie correspondant parfaitement, par sa faune, au gothlandien d'Angleterre et à celui de la Baltique, c'est avec le dévonien inférieur que se serait produite l'invasion par ce bassin des espèces de la Bohême.

Il est intéressant de voir se confirmer ainsi, une fois de plus, la complète équivalence du vieux grès rouge inférieur avec la base du dévonien typique.

Le dévonien au Sahara. — La connaissance du terrain dévonien en Afrique n'a pas moins bénéficié que celle du silurien des dernières explorations faites par les officiers et les géologues français dans la partie occidentale (Ahenet) du Sahara central.

On savait déjà que, dans le Sahara, les grès eodévoniens ont une grande importance, formant de grands plateaux, qui reposent sur un substratum plissé de terrains métamorphiques. Dans l'Ahenet, ces grès sont de véritables grauwackes (1), contenant un *Spirifer* voisin de *S. Hercyniæ*, des *Homalonotus*, *Pterinea* et *Tentaculites*, accompagnés de *Tropidoleptus rhenanus*, genre de brachiopode caractéristique du dévonien inférieur de l'Amérique.

Au sommet des grès viennent des marnes bariolées, avec un *Spirifer* voisin de *S. cultrijugatus*, et que couronnent des marnes riches en brachiopodes, parmi lesquels *Tropidoleptus carinatus*, connu en Amérique des couches de Hamilton (base du dévonien moyen ou *eifélien*). En certains points apparaissent des couches à fossiles ferrugineux, où abonde une goniatite que M. Haug rapproche d'*Anarcestes nuciformis*, du *givétien*. Enfin le dévonien supérieur a été découvert dans la même région et, au Mouydir, il est représenté par des couches à *Spirifer Verneuili* et *Productella*.

Ainsi le dévonien est bien caractérisé en Afrique, où il offre des affinités, à la fois avec le type américain du système et avec celui des régions classiques de l'Europe (Ardennes, Eifel, Région rhénane).

L'assise des ampélites de Chokier. — On place généralement, à la base du terrain houiller de Liége et du Hainaut, une

(1) Haug, Comptes rendus de l'Académie des sciences, CXLII, p. 732.

assise de roches siliceuses (phtanites), à laquelle correspond l'ampélite fossilifère de Chokier.

Jusqu'ici, dans le bassin de Mons, cette assise n'était connue que par quelques affleurements très limités. Le charbonnage de Baudour ayant eu l'occasion de la suivre par des travaux souterrains importants, M. Cornet (1) y a recueilli une faune abondante de céphalopodes, de pélécypodes et de poissons. Cette faune offre une très grande analogie avec celle de la série dite de *Pendleside*, que les géologues anglais placent *au-dessous du millstone grit*. De même, la flore de l'assise, étudiée par M. Renier (2), ne contient que peu de formes westphaliennes, tandis que la plupart de ses espèces accusent l'étage du *Culm* et, en tout cas, indiquent un âge plus ancien que celui de la zone inférieure reconnue par M. Zeiller dans le bassin de Valenciennes. Ces indications concordantes tendraient à vieillir l'assise des ampélites en la faisant descendre dans le dinantien.

L'origine des couches de houille. — La question, si délicate, de l'origine des couches de houille, continue à soulever de nombreuses controverses. Les uns sont partisans de la théorie de la formation sur place ou *autochthone ;* d'autres (parmi lesquels se range l'auteur de ces lignes) croient que de très puissants arguments militent en faveur de la formation par transport ou *allochthone*.

Dans ces conditions, il est intéressant de recueillir toutes les observations nouvelles qui peuvent contribuer à élucider le problème. Or il en est une, due à MM. Douvillé et Zeiller (3), dont l'importance n'échappera à personne.

On sait que, dans les bassins houillers de l'Angleterre, notamment au Lancashire, on trouve fréquemment, soit au toit des couches de houille, soit dans ces couches elles-mêmes, des concrétions à ciment calcaire, dites *coal-balls*. Ces concrétions sont recherchées à cause de la conservation exceptionnelle des restes végétaux qu'on y rencontre, et donnent lieu à des préparations de plaques minces, recherchées par les collectionneurs.

Or, dans plusieurs de ces plaques, les auteurs que nous venons de nommer ont reconnu, au milieu des matières ulmiques et des végétaux à divers degrés de décomposition, l'existence de

(1) Comptes rendus, CXLII, p. 734.

(2) Ibid., p. 736.

(3) Bulletin de la Société géologique de France, 4e série, t. V, p. 154.

nombreuses coquilles de *goniatites*, en général de très petite taille, mais parfaitement déterminables. La portion de couche où se rencontrent ces restes est donc incontestablement de formation *marine ;* et si l'on prétend y voir le résultat de l'invasion par la mer d'un ancien sol forestier, sur lequel s'étaient accumulés *en place* les débris décomposés qui ont donné naissance au charbon de terre, il restera inexplicable que les débris en question aient pu rester où ils étaient, sans être complètement balayés par l'invasion marine qui amenait les goniatites ; et si l'on songe qu'à cette invasion marine aurait dû succéder de suite un apport sédimentaire d'origine continentale, pour expliquer l'abondance habituelle des débris de fougères dans les schistes du toit, on jugera combien est peu vraisemblable l'hypothèse d'une houille autochthone, alors que ces diverses circonstances s'expliquent si facilement dans la théorie des deltas de M. Fayol.

Le trias marin au Mexique. — Lorsque, il y a quelques années, la présence du trias marin fossilifère fut signalée en Californie et jusque dans l'État de Nevada, M. Perrin Smith (1) fit observer que la faune de ce terrain présentait plus d'analogie avec celle du trias alpin (notamment les couches de Hallstadt) qu'avec celle du trias asiatique. Cela pouvait faire soupçonner (bien que ce ne fût pas la conclusion de l'auteur) qu'une communication directe avait pu exister par l'Atlantique entre la mer californienne et celle de l'Europe méditerranéenne. Néanmoins toute trace de cette communication faisait encore défaut, en Amérique, au sud du 35e parallèle et, pour retrouver des dépôts marins triasiques, il fallait aller en Colombie et au Pérou.

Or, voici qu'en plein centre du Mexique, à Zacatecas, MM. Burckhardt et Scalia (2) viennent de trouver, au milieu de grès et d'argiles subordonnés à des tufs et à une diabase, des fossiles marins, à la vérité mal conservés, mais où l'on reconnaît des ammonoïdes des genres *Sibirites, Juvavites, Protrachyceras,* ainsi que des lamellibranches, notamment des aviculidés et des *Palæoneilo.*

Les couches fossilifères sont directement appliquées sur des schistes sériciteux très anciens. Elles témoignent d'un dépôt

(1) Proceedings of the Californian Academy of Sciences, third series, I (1904), p. 367.

(2) Boletin del Istituto Geologico de Mexico, no 21, 1905.

littoral, formé en bordure d'un bras de mer triasique qui, venant de Californie, passait sans doute au nord d'une terre formée des Antilles et d'une partie de l'Amérique centrale, pour rejoindre ensuite le sud de la Méditerranée.

Le crétacé inférieur au Maroc. — L'exploration du Haut-Atlas marocain a permis de découvrir dans ce pays deux horizons crétacés, remarquables par leur analogie avec les formations synchroniques du sud de la France (1).

Le premier de ces horizons appartient à l'aptien supérieur ou *gargasien* à plicatules. L'abondance des ammonites des genres *Desmoceras, Puzosia, Lytoceras, Phylloceras,* associés aux *Parahoplites,* différencie un peu cette faune de celle de Gargas en Provence, en la rapprochant de celle de certains gisements algériens.

L'autre horizon, à cheval sur l'aptien et l'albien, correspond aux couches de Clansayes dans la Drôme. On y trouve les genres *Parahoplites* et *Douvilleiceras,* exactement comme dans la région delphinoprovençale, où d'ailleurs cet horizon a une extension beaucoup plus grande qu'on ne le soupçonnait autrefois (2).

Le crétacé supérieur sur la terre Louis-Philippe. — Personne n'a oublié l'émotion excitée, dans le monde géologique, par l'annonce des découvertes de fossiles que l'expédition Nordenskjöld avait faites à l'île Seymour, derrière les terres de Graham et de Louis-Philippe. On savait qu'il s'y trouvait des céphalopodes d'âge crétacé, mais on n'en connaissait pas avec précision le niveau.

Cette faune si intéressante, comprenant plus de 200 échantillons d'ammonoïdes, dont quelques-uns remarquablement conservés, a été étudiée par M. Kilian (3). Par la prédominance des genres *Pachydiscus, Holcodiscus, Gaudryceras,* etc., cette faune se rattache sans conteste à l'étage aturien (sénonien supérieur), peut-être aussi en partie à l'emschérien. Ses principales analogies sont avec les faunes indiennes d'Aryaloor et de Valudayoor, près de Trichinopoly ; mais il y a également des accointances avec le crétacé de Vancouver et avec celui de Quiriquina (Chili).

En somme, cette faune appartient au type indo-pacifique. Un bras de mer venant du Pacifique a dû passer alors entre le

(1) Kilian et Gentil, Compt. rend., CXLII, p. 603.
(2) Jacob, Bull. Soc. géol. de France, 4e série, V, p. 399.
(3) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXLII, p. 306.

massif brésilien et un continent austral, dont le bord oriental seul a été conservé sous la forme de la côte du Chili méridional, et qui, échancrant la même terre par un golfe sur l'emplacement de la mer de Weddell, allait rejoindre l'Afrique australe sur la côte de Natal.

L'éocène et l'oligocène dans le sud-ouest de la France. — Nous sommes bien loin maintenant de l'époque où le terrain *nummulitique* pyrénéen apparaissait aux auteurs de la carte géologique de France comme un ensemble antérieur au terrain tertiaire parisien, et où Leymerie, n'osant pas se prononcer catégoriquement dans ce débat, l'englobait sous la dénomination commode de terrain *épicrétacé*.

On sait aujourd'hui que si, dans les synclinaux pyrénéens, le passage est graduel du crétacé supérieur (craie de Tercis) au nummulitique fossilifère, non seulement ailleurs la grande masse de ce nummulitique descend rarement au-dessous du lutétien, mais que des couches franchement oligocènes s'y trouvent comprises.

Une étude d'ensemble sur ces formations du sud-ouest de la France a été donnée récemment par M. H. Douvillé (1), qui en a débrouillé la série, à travers les variations des facies, grâce à la considération des foraminifères, notamment des nummulites et des orbitoïdes *(Orthophragmina, Lepidocyclina)*.

Parmi les faits saillants ainsi mis en lumière, il y a lieu de mentionner les suivants : la série de Biarritz ne descend pas au-dessous du lutétien supérieur. Le bartonien, généralement peu fossilifère, est plutôt marneux, étant caractérisé par les marnes bleues à pentacrines de la côte des Basques. Au-dessus, et débutant par des poudingues, qui attestent un mouvement du sol, vient l'oligocène inférieur à petites nummulites, associées à Biarritz avec les premiers représentants des genres *Clypeaster* et *Scutella*. C'est à cet oligocène inférieur que M. Douvillé rattache, avec les couches de Gaas, le calcaire à astéries de la Gironde.

Ensuite se serait produite une émersion, attestée par la discordance qui existe entre les couches précédentes et les assises à *Lepidocyclina*, dont la base, visible à Abbesse près St-Paul de Dax, forme passage entre l'aquitanien et le burdigalien.

Les mêmes vicissitudes se sont produites dans le bassin de

(1) Bulletin de la Société géologique de France, 4e série, t. V, p. 9.

Paris, et M. Douvillé en conclut que les oscillations du sol parisien, pendant l'époque éocène et oligocène, ne sont que le retentissement des mouvements beaucoup plus importants qui se produisaient à la même époque dans la région pyrénéenne.

Les progrès de la tectonique alpine. — On sait à quels débats retentissants a donné lieu la question des nappes de recouvrement dans les Alpes. A la suite des brillantes études de M. Lugeon sur le Chablais, la doctrine du charriage dans les Préalpes a reçu de nouvelles et précieuses adhésions ; d'abord celles de MM. Haug et Kilian, à qui l'on doit la connaissance des nappes de recouvrement de l'Ubaye ; ensuite celle de M. Heim, d'autant plus significative que ce géologue éminent, dont M. Lugeon s'honore d'avoir été l'élève, avait longtemps soutenu une explication différente, résumée dans la thèse célèbre du *double pli* de Glaris.

Non seulement, dans une lettre publique à M. Lugeon, M. Heim a déclaré qu'il abandonnait cette hypothèse, pour se rallier à celle d'une nappe unique, charriée du sud vers le nord par dessus le flysch ; mais il s'est plu à reconnaître que la nouvelle manière de voir éclairait d'une façon décisive certains problèmes de tectonique, qui jusqu'alors lui avaient paru insolubles.

A cette occasion, reprenant avec ses élèves l'étude de son massif de prédilection, celui du Sentis, M. Heim en a donné (1) une superbe monographie, accompagnée de très belles photographies et de nombreux croquis tectoniques comme le savant géologue de Zurich excelle à en faire. Le Sentis y apparaît comme un faisceau de dix à douze plis, dont six principaux, tous recourbés en crochet vers le nord, par l'effet d'une poussée méridionale, ainsi qu'il est aisé de l'établir en reconstituant la surface structurale du *Schrattenkalk* affecté par ce plissement. Les roches de la nappe vont depuis le néocomien jusqu'à l'éocène, et le tout ensemble a été charrié du sud au nord par dessus le flysch oligocène. Le soin avec lequel les différents plis ont été suivis dans leur développement, soit du nord au sud, soit de l'ouest à l'est, ainsi que l'analyse détaillée des circonstances qui ont plus ou moins favorisé la production de cassures transversales, font de cette monographie (d'ailleurs traduite par

(1) *Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Das Säntisgebirge.* Berne, 1905.

un plan relief à l'échelle du 5000e), un des plus beaux modèles du genre qu'il soit possible de citer.

Depuis ses premiers travaux sur le Chablais, M. Lugeon, avec le concours de M. Argand (1), a étendu ses études au versant piémontais des Alpes. Ces auteurs ont reconnu, au sud de l'espace limité d'un côté par le massif du Mont Blanc, de l'autre par celui de l'Aar, une succession de *six nappes* superposées, dont les plus profondes sont celles d'Antigorio, du Lebendun et du Monte Leone, la plus récente et la plus haute étant celle de la Dent Blanche, vaste lambeau avec anticlinal de gneiss, reposant tout entier sur un soubassement mésozoïque.

Plus récemment encore (2), M. Argand a réussi à préciser ces données, en découvrant le pli frontal de la nappe de la Dent Blanche, et en montrant que celle-ci offre des replis postérieurs à sa mise en place, dans lesquels sont enfermées, au Collon, à la Valpelline et au Mont Mary, des zones de roches basiques en relation évidente avec celles d'Ivrée. Il a pu établir également que cette zone d'Ivrée est un synclinal, butant au sud contre la zone cristalline du Strona, laquelle forme le bord méridional de l'ancien géosynclinal alpin des schistes lustrés, et doit être considérée comme la racine des nappes des Alpes orientales. On lui doit aussi cette remarque, que le métamorphisme caractérisé par les roches vertes va en croissant du bord externe au bord interne (ou piémontais) du géosynclinal.

L'un des résultats les plus importants des recherches de MM. Lugeon et Argand est d'avoir montré qu'à l'aplomb des massifs cristallins anciens, il arrive souvent à une nappe de *s'encapuchonner*, suivant leur heureuse expression, sous un repli d'une nappe plus ancienne, rejetée au sud, c'est-à-dire en arrière, par l'effet de la résistance de ces massifs. Ainsi s'expliquerait la *structure en éventail*, si fréquente dans les Alpes.

M. Termier a montré (3) que la structure en nappes empilées continuait dans toute la chaîne des Alpes orientales, et cette conclusion, vivement contestée au début par les géologues autrichiens, gagne chaque jour de nouvelles adhésions. Ainsi MM. Haug et Lugeon (4) ont reconnu quatre zones superposées dans les Alpes du Salzkammergut, les plus basses apparaissant à travers des déchirures ou *fenêtres* des dernières, et la plus

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXL, pp. 1364, 1491.
(2) Ibid., CXLII, pp. 527, 666, 809.
(3) Ibid., CXXXIX, pp. 578, 617, 648, 687, 754.
(4) Ibid., CXXXIX, p. 892.

récente étant celle du Dachstein, en grands plateaux déchiquetés. La même interprétation est en passe d'être universellement admise pour les Carpathes, ainsi que le proposait, il y a trois ans, M. Lugeon.

La tectonique de la Provence et des Pyrénées. — L'extension de la théorie des charriages aux régions autres que les Alpes sollicite en ce moment l'attention de nombreux géologues. M. Marcel Bertrand avait émis le premier, il y a plusieurs années, l'opinion que les couches triasiques, jurassiques et crétacées des environs de Marseille représentaient un massif sans racines, charrié par dessus les couches lignitifères de Fuveau.

Il semblait que la question dût être définitivement tranchée par l'exécution de la galerie à la mer, entreprise par la société des charbonnages des Bouches du Rhône, en vue de l'assèchement du bassin de Fuveau (1). Mais il se trouve que la coupe de cette galerie est interprétée comme un succès à la fois par les deux camps opposés. Ce qui est certain, c'est que la superposition des terrains anciens au crétacé supérieur n'a pas, à beaucoup près, l'ampleur qu'on avait supposée, et que la dislocation du massif semble réserver encore bien des surprises.

De même, s'il est démontré que la notion des charriages peut trouver au pied des Pyrénées d'heureuses applications, ce serait peut-être un excès de vouloir la faire intervenir pour expliquer les particularités de la région de l'Adour, surtout au voisinage des affleurements d'ophite. Même pour la partie centrale de la chaîne, il y a désaccord en ce moment, tant sur l'ampleur des chevauchements que sur le sens dans lequel ils se sont produits.

A. de Lapparent.

SCIENCES TECHNIQUES

LE TUNNEL DU SIMPLON

Nous avons écrit, l'an dernier, pour cette Revue (2), une monographie sur le tunnel du Simplon. Depuis, de nouveaux faits

(1) *Description de la galerie à la mer*, par M. Domage. Paris, 1905.
(2) Tome LVII, livraison de janvier 1905, pp. 188-242.

ont été signalés, de nouveaux projets ont vu le jour et reçu un commencement d'exécution. Nous consacrerons ce bulletin à cet ensemble de renseignements complémentaires. Nous les grouperons sous trois paragraphes, où nous examinerons successivement les résultats scientifiques du percement, les circonstances de la rencontre des galeries, la vérification des axes et la mesure de la base géodésique du Simplon, enfin, la mise en service du tunnel, notamment l'essai de traction électrique qui y est tenté.

Résultats scientifiques du percement. — Les résultats scientifiques dont il sera question ici intéressent à la fois la géologie, la thermique du sol et l'hydrologie souterraine.

Le système des deux galeries parallèles, distantes de 17 mètres d'axe en axe, adopté au Simplon, a permis de réunir un grand nombre de données fournies par des observations poursuivies pendant toute la durée du percement, et qui se rapportent aux quatre points suivants : *Relevés géologiques à la surface*, en vue de l'établissement d'une carte géologique détaillée, à l'échelle de 1 : 25 000, de la zone avoisinant le tunnel ; *Relevés géologiques dans les galeries d'avancement*, avec prélèvement d'échantillons tous les 10 mètres et à chaque changement de terrain : cette collection comprend environ 2 500 numéros ; *Observations hydrologiques sur les venues d'eau*, leur débit, leur température, leur composition chimique et leurs relations avec la nature géologique des terrains traversés ; *Observations de la température des roches*, dans le tunnel et le long du profil superficiel, en vue de la détermination d'un profil thermique exact. En outre, des observations continues, effectuées en un nombre restreint de points — tous les kilomètres — ont permis de se rendre compte des modifications qu'a subies la chaleur souterraine depuis le percement du tunnel, et des fluctuations dues à la ventilation et à la réfrigération.

Depuis l'achèvement de l'ouvrage, la Commission géodésique suisse a complété l'ensemble des travaux qu'elle avait entrepris à l'occasion du percement du Simplon, par la vérification des axes et par la mesure directe de la distance, supérieure à 20 kilomètres, qui sépare les observatoires de Brigue et d'Iselle, établis pour le contrôle de l'alignement du tunnel, et conservés pour les travaux astronomiques complémentaires. Nous en parlerons dans le second paragraphe.

Géologie. D'après M. H. Schardt, membre de la Commission géologique du Simplon, les couches du massif traversé se

ramènent, eu égard à leur nature, à l'un des quatre groupes suivants (fig. 1) :

1° *Formation de schistes lustrés — jurassique — triasique :* Schistes argileux gris, schistes calcaires, calcaires grenus, schistes gris noduleux, micaschistes, grenatifères, schistes verts.

2° *Formation triasique :* Dolomite blanche, calcaire dolomitique gris, marbres grenus cristallins, schistes gris ou verdâtres, quartzite, arkose passant au gneiss.

3° *Schistes cristallins :* Micaschistes souvent grenatifères, schistes amphiboliques, amphibolites, schistes chloriteux, con-

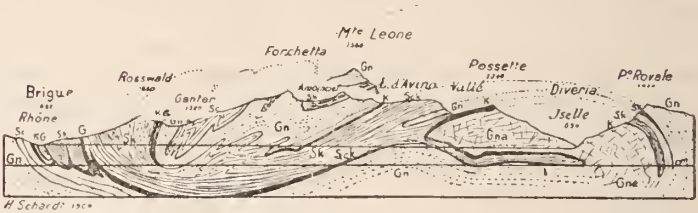


Fig. 1. — Profil géologique du massif du Simplon, par H. Schardt (1904).

Légende : Sk, schistes lustrés; *Sck* et *Sc*, schistes cristallins-lustrés métaphoriques; *KG*, marbre, dolomite et gypse (Trias); *Gn*, Gneiss du Monte-Leone; *Gna*, Gneiss d'Antigorio.

sidérés comme paléozoïques, en partie probablement triasiques ou jurassiques métamorphiques.

4° *Gneiss archéique ou gneiss primitif :* Gneiss d'Antigorio, gneiss schisteux du Monte-Leone, facies schisteux du gneiss massif souvent granitoïde d'Antigorio.

Dans notre étude antérieure nous avons esquissé l'historique de la structure du massif du Simplon et nous avons insisté sur la contribution importante apportée par le percement à la connaissance de ce massif.

Comme renseignement nouveau, donnons ici le tableau comparatif de l'épaisseur prévue et de l'épaisseur réelle des couches traversées par le souterrain; il justifie, dans une certaine mesure, les récriminations dont les géologues ont été l'objet, lors de la demande de crédits supplémentaires par les entrepreneurs de l'ouvrage.

Terrains traversés par le tunnel	*prévisions en mètres*	*réalité en mètres*
1. Schistes lustrés, schistes calcaires, calcaires schisteux micassés . . .	5900	5175
2. Calcaire cristallin, marbre, dolomite, gypse, anhydrite	1350	1400
3. Micaschistes, schistes cristallins, gneiss schisteux, schistes amphiboliques	5200	6930
4. Gneiss du massif Monte-Leone . .	3450	1900
5. Gneiss d'Antigorio	3830	4325
	19 730	19 730

On le voit, le gneiss d'Antigorio a été rencontré sous une épaisseur plus grande que ne l'indiquaient les prévisions. Mais il s'est présenté une heureuse compensation dans l'absence du dôme des schistes calcaires inférieurs, avec leurs couches de dolomite, ou d'anhydrite. En outre, le gneiss du Monte-Leone n'a été rencontré que sur une épaisseur correspondant à un peu plus de la moitié seulement de celle que l'on avait prévue.

Il convient d'ajouter que les conclusions que dicteraient les données de ce tableau, n'ont, au point de vue des difficultés prévues et des difficultés vaincues, qu'une portée restreinte. L'inclinaison des stratifications, le mode de perforation, les venues d'eau, la température souterraine, l'évacuation des déblais étaient autant d'éléments d'où dépendait aussi le succès plus ou moins facile de l'entreprise, et où la part considérable de l'imprévu laissait un champ très vaste d'application à toutes les ressources des sciences techniques.

La thermique du sol. On connaît l'influence du relief superficiel sur la disposition des surfaces isogéothermiques souterraines : elles s'élèvent sous les montagnes, en s'écartant de plus en plus les unes des autres, et elles s'abaissent en se rapprochant sous les vallées. Tandis que le degré géothermique moyen est de 30 mètres, il s'élève à 70 mètres sous les sommets des montagnes, et tombe à 20 mètres sous les vallées. A mesure que la profondeur augmente, les surfaces isogéothermiques tendent à devenir parallèles.

Cette distribution résulte, notamment, des lois bien connues de la transmission de la chaleur appliquées en tenant compte de la disposition des assises et de la conductibilité spécifique

relative des roches qui les composent. Mais la conductibilité thermique n'est pas seule en cause.

L'expérience faite au Simplon a montré l'influence considérable de la circulation des eaux souterraines sur l'allure des isogéothermes. On s'en convaincra en consultant la figure 2. Dès le kilomètre 5 de l'attaque nord, à gauche de la figure, l'absence des venues d'eau provoque le relèvement des courbes thermiques.

Au contraire, sur le parcours des grandes sources d'eau froide du côté sud, à droite de la figure, dans le voisinage du kilomètre 4,4, les courbes isogéothermiques s'abaissent brusquement, alors qu'elles auraient dû normalement passer sans déviation sous la dépression superficielle du Vallé, comme cela s'est présenté pour la dépression plus profonde de la Ganter sous Bérisal (kil. 4,5 du côté nord).

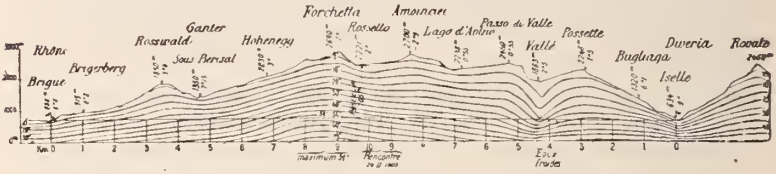


Fig. 2. — Profil géothermique provisoire du tunnel du Simplon.

L'allure des courbes permet aussi d'apprécier dans quelle mesure l'influence des dépressions de la surface s'efface avec la profondeur, surtout quand les sillons sont entaillés dans un flanc de montagne comme pour la vallée de la Ganter.

La distribution de la chaleur à l'intérieur des montagnes ne dépend donc pas exclusivement de l'épaisseur des roches qui séparent un niveau donné de la surface ; elle dépend aussi du relief du sol, de la disposition des couches et de la circulation des eaux qu'elles recèlent dans leurs flancs.

Venues d'eau. La figure 3 résume les observations relatives aux venues d'eau. L'attaque partie du nord a rencontré 142 sources jusqu'au kilomètre 10,379 ; celle du sud n'en a rencontré que 95 jusqu'au point de rencontre. En revanche, c'est de ce côté que se sont produites les venues d'eau les plus volumineuses, et en relation directe avec les cours d'eau de la surface.

Les sources à grand débit s'échappaient presque toujours de failles et provenaient de terrains solubles, des calcaires surtout.

Au contraire, les venues à faible débit se sont montrées au

contact de deux terrains de perméabilité différente ; elles furent les plus nombreuses. La circulation des eaux souterraines, dans les grandes profondeurs, paraît donc étroitement liée à l'état de fissuration des roches ; on devait s'y attendre.

Au cours du percement, on a observé la variation du débit des sources rencontrées. Beaucoup de celles qui possédaient, au début, un volume considérable se sont réduites plus tard presque à de simples suintements. D'autres, tout en se réduisant aussi dans de notables proportions, ont atteint, au bout d'un certain temps, un débit constant. Presque toutes les sources de grand volume au début, et jaillissant sous forte pression, se sont beaucoup réduites dans l'espace de quelques mois, et même

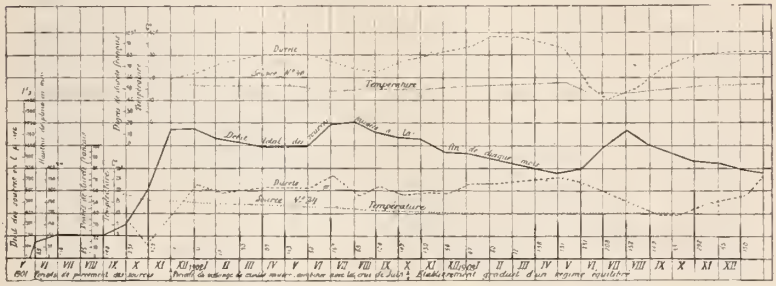


Fig. 3. — Diagramme des variations du débit total des sources froides d'Iselle entre les km. 3,860 et 4,421 comparées à la quantité de pluie, à la température et à la dureté des eaux.

pour plusieurs la température a diminué ainsi que la teneur en matières minérales.

Voici comment M. le professeur H. Schardt explique ces modifications. Les fissures par lesquelles l'eau pénètre dans le tunnel étaient, à l'origine, remplies presqu'au niveau, en général inconnu, d'une source superficielle. Dans les régions profondes, cette eau quasi stagnante pouvait s'échauffer et se saturer de matières minérales, sans que la source superficielle fût pour cela thermale ou minérale : malgré sa température plus élevée, en effet, cette eau suffisamment minéralisée, et par suite plus dense, pouvait rester au fond des crevasses.

Mais dès que s'ouvrit pour elles une issue, sur le passage du tunnel, à 1000 ou 1500 mètres en contre-bas de leur point d'écoulement superficiel, la vidange de ces cavités dut se produire, et dans les conditions observées. D'autre part, le tarissement des sources superficielles dûment constaté est bien l'indice de

l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe souterraine et on comprend que la pression et le débit des irruptions dans le tunnel aient du même coup diminué graduellement. En outre, cette eau, qui, pendant sa stagnation, s'était saturée de matières minérales, et échauffée à loisir, s'écoulant maintenant rapidement à travers les voies souterraines, devait arriver dans le tunnel de moins en moins minéralisée et de moins en moins chaude. Enfin, cette période de transition aura finalement abouti à un régime stable quand l'équilibre se sera établi entre l'absorption des eaux à la surface, et leur écoulement dans le souterrain.

L'ensemble des observations faites sur les eaux jaillissantes au cours des travaux, a permis de distinguer trois grandes classes de sources : *Les sources chaudes*, fortement gypseuses et ferrugineuses, à température plus élevée que celle du rocher. Depuis leur rencontre, leur température s'est élevée ainsi que leur degré hydrotimétrique ; mais leur volume a diminué. *Les sources isothermes*, gypseuses souvent, toujours plus ou moins ferrugineuses. Leur température est voisine de celle du rocher, et leur débit, peu considérable, a beaucoup diminué depuis leur irruption. La teneur en gypse, très forte au début pour un certain nombre de ces sources, a diminué pour les unes et s'est maintenue pour d'autres. *Les sources froides*, gypseuses, peu ferrugineuses, de grand débit (15 à 20 fois celui des sources des groupes précédents). Elles comprennent deux catégories : *Les sources à température plus basse que celle du rocher*, dont la température et le volume varient peu, mais dont la dureté se modifie ; et *les sources à température initiale égale à celle du rocher*, dont le débit varie beaucoup au cours de l'année et dont les eaux se refroidissent au moment de la crue estivale, en diminuant de dureté.

Voici, d'après l'ensemble des observations, la quantité d'eau qui s'écoulait au cours des travaux et qui s'écoule maintenant par le tunnel. Du côté nord, le débit total a varié entre 60 et 80 litres par seconde. Du côté sud, le débit maximum a atteint 1204 litres par seconde avant les venues d'eau chaude. Après la rencontre de celles-ci, en septembre 1904, le débit maximum s'est accru de 328 litres par seconde. Actuellement, le débit total, y compris celui des sources d'eau chaude, est de 1220 litres par seconde ; il oscillera du côté sud, au cours des saisons, entre 900 et 1300 litres par seconde.

Rencontre des galeries. — Vérification des axes. Mesure d'une base géodésique de 20 kilomètres. — Le 24 février 1905, à 7h.20 du matin, les derniers coups de mine ouvraient la brèche et établissaient la communication entre les deux galeries issues des extrémités nord et sud du tunnel du Simplon.

La figure 4 donne le profil longitudinal des galeries de base, et montre la disposition relative des fronts d'attaque au moment de la rencontre. Du côté nord les portes de fer, maintenues jusqu'au 2 avril 1905, barraient le passage. Mais du côté sud on apercevait la brèche présentant une largeur d'environ 1m.50 sur 1 mètre de profondeur. Comme le plafond de la galerie d'avan-

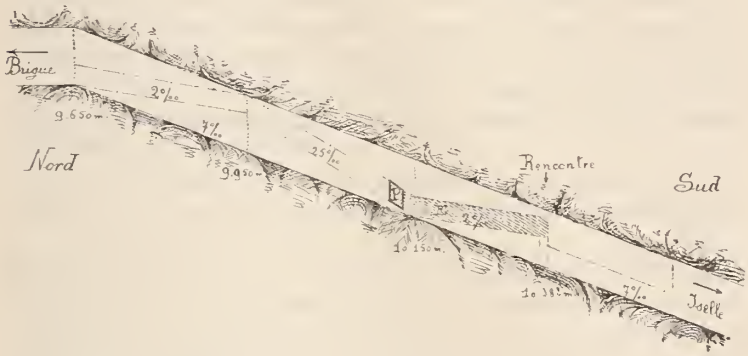


Fig. 4. — Profil longitudinal des galeries de base, et disposition des fronts d'attaque au moment de la rencontre. P = Portes de fer. E = Poche d'eau chaude.

cement sud était de 0m.60 au-dessous du plancher de celle du nord, la brèche se présentait de bas en haut.

Le jour du percement, MM. Brandau, de l'entreprise, et Pressel, ingénieur en chef, étaient entrés de grand matin dans le tunnel et s'étaient assurés que les mesures étaient prises pour permettre la vidange de la poche d'eau chaude. D'après les prévisions de M. Rosenmund, la rencontre n'était attendue que pour le soir. La dernière attaque était conduite par M. l'assistant chef mineur Betassa, le même qui, en 1898, avait foré à la main les premiers trous de mine de l'attaque sud.

Après la charge des douze trous de mine, les ouvriers et le personnel se retirèrent à six cents mètres en arrière. On achevait de compter les explosions, quand un torrent d'eau chaude se précipita par la brèche ouverte. Trois barrages avaient été con-

struits pour diriger ces eaux dans la galerie parallèle, où leur niveau monta rapidement de $0^m,80$. La température de l'eau au passage de la quarante-cinquième galerie transversale était de 41°,5.

En quinze minutes environ l'eau chaude accumulée du côté nord, et dont le volume était évalué à 1800 mètres cubes, s'écoulait ainsi par l'orifice sud du souterrain, et arrivait à la Diveria en 1h.47 : elle avait marché à la vitesse moyenne de $1^m,50$ à la seconde ; sur son passage, elle avait éteint le foyer d'une locomobile installée dans une galerie transversale, pour le service de la réfrigération à l'avancement où elle refoulait l'eau froide provenant des grandes sources du kilomètre 4,4.

Après la vidange de la poche d'eau, les ingénieurs de service pénétrèrent dans le tunnel et avancèrent jusqu'à la brèche. L'alignement des deux galeries leur parut exact ; mais ils ne purent se hisser jusqu'à la poche vide, où la chaleur était insupportable. La température de l'air, fortement chargé de vapeur d'eau, était de 41° ; c'est que la réfrigération par l'eau était arrêtée, et que l'air, refoulé par le ventilateur, s'échauffait par son passage au-dessus du canal d'écoulement des venues d'eau chaude.

Aussitôt la nouvelle du percement connue à Iselle, un grand nombre de personnes se rendirent dans le tunnel : on voulait voir la brèche ! La plupart revinrent indisposées, et on eut même à déplorer la mort de M. Grassi et de M. l'ingénieur Bianco, quelques heures après leur sortie du tunnel. Quelle a pu être la cause de ces accidents ?

Faut-il les attribuer à l'acide carbonique dont la présence se manifesta, peu après la perforation finale, par l'extinction des lampes ? Sans doute, ce gaz n'est pas toxique, mais il est impropre à la respiration, et sa présence, au voisinage de la brèche, explique peut-être le malaise éprouvé par la plupart des personnes qui s'y sont rendues.

Faut-il incriminer la température élevée et l'humidité extrême de l'air ? Ceci paraît moins probable. Les ingénieurs et les contremaîtres affirment, en effet, qu'ils n'ont jamais ressenti de malaise aussi considérable même dans une atmosphère plus chaude et plus humide.

Quelques-uns ont pensé que l'oxyde de carbone, dont la toxicité est bien connue, était le grand coupable. On sait que ce gaz peut résulter de la réduction de l'acide carbonique par l'action de matières organiques en fermentation. Or dans la poche d'eau chaude de l'avancement nord, fermée neuf mois auparavant par

des portes de fer, il se trouvait assez de boisages pour fournir la matière organique en fermentation nécessaire, sur laquelle aurait réagi l'acide carbonique provenant de la décomposition de la roche calcique. Il est vrai que l'oxyde de carbone brûle avec une flamme bleue, et que cet indice de sa présence dans le tunnel n'a pas été observé. Mais il est permis de penser que ce gaz existait cependant, mêlé à l'air du souterrain, en proportion trop faible pour trahir sa présence par la combustion, mais en quantité suffisante pour produire une intoxication grave.

Après le percement, dès que la réfrigération et la ventilation, à raison de 35 m^3 d'air à la seconde, furent établies, la température maximum observée a été de 30°. Plus tard, après l'achèvement du revêtement en maçonnerie, la ventilation fut effectuée par refoulement du côté nord par le tunnel même, et du côté sud par la galerie parallèle ; l'air chassé ainsi des deux extrémités sortait par l'orifice sud du tunnel, et dans ces conditions, on parvint, malgré la présence des sources d'eau chaude, à abaisser la température maximum à 27°,5.

La jonction des galeries de base une fois établie, restait à élargir la galerie principale au profil définitif. Comme la galerie de base, du klm. 10,15 au klm. 10,382 (point de rencontre), n'avait qu'une pente de 2 °/₀₀, il a fallu dans cette section ramener le sol à la pente normale (7 °/₀₀) (voir fig. 4). L'excavation a été continuée en creusant une galerie de faîte et des cheminées, d'après la méthode anglaise utilisée au Simplon. On a procédé ensuite au revêtement en maçonnerie, qui a été terminé le 18 octobre 1905.

Le système des deux galeries parallèles, situées à 17 mètres d'axe à axe, a présenté des avantages incontestables, notamment au point de vue de l'aération et de l'écoulement des eaux. Mais son application n'a pas été sans présenter de sérieux inconvénients. Signalons le principal.

L'une des galeries seulement, celle que l'on est convenu d'appeler galerie principale, est achevée ; la seconde, de dimensions réduites, appelée galerie parallèle, est simplement pourvue d'un boisage dont on s'est efforcé d'accorder la solidité avec la nature des terrains.

Mais, au Simplon, la nature s'est plu à déjouer les prévisions les mieux établies, non seulement des savants, mais aussi des ingénieurs. Les pressions parfois énormes qui s'exercent dans les terrains ébranlés par les explosions brisantes, ont produit une déformation de cette galerie parallèle et une destruction partielle des boisages destinés à la protéger. En maint endroit,

on a constaté des soulèvements du sol et la destruction du canal d'écoulement des eaux. C'est ainsi que, du côté sud, on a été obligé de revêtir de maçonnerie cette galerie parallèle sur une très grande longueur (entre les klm. 6 et 9) ; sans cette précaution, la mise hors d'usage du canal d'écoulement eût bientôt empêché l'évacuation de l'eau chaude.

Il y a plus; ces déformations de la galerie parallèle entraînent avec elles des pressions anormales dans le massif de terrains qui sépare les deux galeries ; de là des poussées inégales sur le revêtement en maçonnerie du tunnel achevé ; elles ont eu pour effet d'y ouvrir des crevasses qui imposent la réfection du revêtement. Ce sont là des accidents que la mise au profil définitif simultané des deux galeries eût évités.

Ajoutons que le 20 février 1906, la voie ferrée était posée dans toute la longueur du tunnel et que l'on pouvait procéder à la réception provisoire des travaux.

Vérification des axes (1). La vérification de la rencontre des axes des galeries venant du nord et du sud a été faite, le 15 août 1905, par M. le professeur Rosenmund de l'École polytechnique de Zurich ; elle a donné les résultats suivants :

Écart linéaire des extrémités des axes au point de rencontre	*Écart probable*	*Écart observé*
Horizontal	$0^m,050$	$0^m,202$
Vertical	$0^m,050$	$0^m,087$
Longueur	$0^m,560$	$0^m,790$

Les écarts probables ont été déterminés à l'aide des calculs de la triangulation. L'écart observé est celui qu'ont donné les mesures directes ; il est donc entaché des erreurs d'observation.

Une première vérification de la longueur du souterrain a été faite soit avec des lattes de construction soignée, soit à l'aide d'une roue mesurant 3 mètres de circonférence.

Quant à la direction horizontale et au nivellement, l'eau chaude tombant du faîte de la galerie au klm. 9,4 à partir de l'entrée sud, a rendu les opérations de vérification très laborieuses. La buée qui emplissait l'atmosphère du tunnel rendait impossibles les visées à grande distance ; celles-ci ne purent dépasser 180

(1) Voir *Résultats définitifs des opérations de tracé du tunnel du Simplon.* — Bulletin du Congrès international des chemins de fer, XX, no 3, p. 14 et Bulletin technique de la Suisse romande, no 19, 10 oct. 1905, p. 240.

mètres du côté nord et n'atteignirent que 65 mètres du côté sud. La multiplicité des visées et des stations qui en est résultée, explique, du moins en partie, la différence entre l'écart probable et l'écart observé renseignée dans le tableau précédent.

La base géodésique du Simplon. Nous avons dit déjà que la Commission géodésique suisse a déterminé récemment la distance qui sépare les observatoires de Brigue et d'Iselle, situés dans l'alignement du tunnel du Simplon. Cette distance est un peu supérieure à 20 kilomètres, ce qui fait de cette base mesurée la plus longue dont les géodésiens aient disposé jusqu'ici.

Mais ce n'est pas là ce qui fait l'intérêt principal de cette détermination. " La base du Simplon est la première dans laquelle une voie ferrée ait été directement utilisée pour le placement des appareils ; pour la première fois aussi, les travaux sont effectués entièrement à la lumière artificielle ; cette base est la première dont les extrémités soient situées sur les flancs opposés d'un puissant massif montagneux, et comprennent entre elles des déviations inverses de la verticale. Enfin pour la première fois aussi, sur une grande base, le travail est poursuivi sans arrêt, de manière à éviter les erreurs du repérage et de la reprise sur le terrain.

„ Le travail continu était, d'ailleurs, imposé par la durée extrêmement restreinte pendant laquelle, pour des raisons évidentes, le tunnel avait été mis, par l'Administration des chemins de fer fédéraux, à la disposition de la Commission géodésique suisse, qui a accompli l'effort sans précédent consistant à mesurer 40 kilomètres en cinq jours (1). „

Comment ce prodige a-t-il pu être réalisé ? On sait que la détermination d'une base géodésique utilise des procédés qui se ramènent essentiellement à deux types distincts, ayant un point de départ commun. La longueur à mesurer étant limitée par deux termes invariablement fixés au sol, on place, dans la verticale du premier, l'une des extrémités d'un étalon aligné dans la direction de la base, et qui en mesure la première portée. C'est à partir de cette opération que les deux méthodes commencent à diverger.

Dans la première, on aligne, à la suite du premier, des étalons placés à une petite distance l'un de l'autre, puis on détermine, par des procédés divers, leur écartement.

(1) Revue générale des Sciences, 17e année, n° 8, 30 avril 1906, p. 350.

Dans la seconde, qui s'est de plus en plus substituée à la première, on utilise un seul étalon, que l'on déplace de sa propre longueur devant un repère marquant successivement son extrémité antérieure et son extrémité postérieure.

Au cours du XIXe siècle, la mesure des bases, quelle que fût la méthode employée, a subi une double évolution. Dans les trois premiers quarts du siècle, on a cherché surtout à augmenter la précision des mesures, sans se préoccuper beaucoup du labeur qu'elles imposaient et des frais qu'elles entraînaient. On est arrivé ainsi à des résultats excellents, mais partout sur un nombre de bases très restreint : l'ensemble de la géodésie française, par exemple, repose sur trois bases seulement. Tous les autres points géodésiques ont été atteints par des triangles.

Dans le dernier quart du siècle, c'est à simplifier les méthodes de mesure que l'on s'est attaché, quitte à se relâcher un peu de la scrupuleuse exactitude des méthodes antérieures.

Mais un fait domine toutes ces fluctuations des procédés : c'est la préoccupation constante d'évaluer avec exactitude la température des étalons sur le terrain. La détermination de cette variable, dont dépend la longueur de l'instrument, a toujours été considérée par les géodésiens comme si difficile et si importante, que l'histoire des appareils de base se confond pratiquement avec celle des précautions prises pour éviter les erreurs de température.

De là l'invention, dès la fin du XVIIIe siècle, des deux systèmes d'étalons : les étalons monométalliques, accompagnés de thermomètres, et les étalons bimétalliques, dans lesquels la longueur de l'un d'eux, considéré comme étalon principal, est déduite de la différence des deux étalons, mesurée sur chacune des portées de la base.

Les étalons bimétalliques ont servi aux opérations les plus importantes de la géodésie européenne. Mais leur emploi, si l'on veut en tirer tout ce qu'ils peuvent donner, exige plus de cinquante hommes sur le terrain et ne permet pas plus de 100 portées, soit une avance de 400 mètres, par jour.

Dans ces dernières années(1), de longues et savantes études sur

(1) Voir : Travaux et Mémoires du Bureau international, t. XII, 1901 : J.-R. Benoît et Ch.-Ed. Guillaume, *Nouveaux appareils pour la mesure des bases géodésiques.* — Ch.-Ed. Guillaume, *Les Applications des aciers au nickel*, Gauthier-Villars, 1904. — Bulletin des séances de la Société française de Physique, année 1906, 1er fascicule : Ch. Ed. Guillaume, *Les Mesures rapides des bases géodésiques.*

les étalons géodésiques, poursuivies par J.-R. Benoît et Ch.-Éd. Guillaume, et la découverte de l'acier-nickel à faible dilatation — alliage *invar* — ont mis aux mains des géodésiens une règle géodésique éminemment pratique et assurant une précision supérieure à celle des anciens procédés, tout en simplifiant beaucoup le matériel, en supprimant la moitié du personnel auxiliaire et en doublant la vitesse des opérations. En même temps, ces mêmes savants perfectionnaient d'autres méthodes déjà en usage, et couronnaient leurs recherches par la mise au point, dans tous ses détails pratiques, d'un procédé de mesure des bases par fils tendus, en métal *invar*, pouvant suffire à toutes les exigences de la géodésie supérieure, dans des conditions de simplicité relative telle qu'un personnel de dix à douze hommes exercés doit pouvoir atteindre, en bon terrain et par beau temps, une vitesse de 5 à 6 kilomètres par jour en y comprenant le repérage aux extrémités de la base et en un ou deux points intermédiaires.

C'est ce procédé qui a été employé au Simplon.

Le travail a été fait par trois équipes se relayant de huit heures en huit heures, sous le commandement de MM. R. Gautier, directeur de l'Observatoire de Genève, A. Riggenbach, professeur à l'Université de Bâle, et Rosenmund, membre de la Commission géodésique suisse. La direction générale des travaux avait été confiée à M. Ch.-Éd. Guillaume qui avait étudié les dispositifs spéciaux pour les mesures de nuit sur une voie ferrée.

Les équipes étaient composées d'ingénieurs et d'élèves ingénieurs de l'École polytechnique fédérale ; des ouvriers engagés sur place étaient chargés du transport du matériel. L'éducation spéciale de tout le personnel avait consisté en une mesure de quelques centaines de mètres, sur une voie ferrée à Zurich, et en une demi-journée et une nuit de travail, pour chaque équipe, à Viège.

Les étalons de mesure étaient des fils d'acier-nickel *invar*, dont la longueur — 24 mètres — déterminée au Bureau international des Poids et Mesures, avant et après la mesure du Simplon, s'est montrée remarquablement constante.

La traversée du Rhône, qui sépare l'Observatoire de Brigue de l'entrée nord du tunnel, a été effectuée à l'aide d'un fil de 72 mètres, qui s'est très bien comporté.

Malgré les difficultés résultant du travail à la lumière artificielle, l'opération entière — aller et retour — comprenant 15 repérages sur le terrain, a été effectuée en cinq jours d'un

travail continu, comprenant un seul arrêt de douze heures entre les mesures de l'aller et du retour.

Un calcul provisoire montra que l'écart des mesures à l'aller et au retour est inférieur à *3 millimètres !* Cette extraordinaire concordance est confirmée par ce fait que les six points intermédiaires, marqués par des repères fixés sur les traverses de la voie, ont été retrouvés tous, au retour, à quelques millimètres près des positions déterminées à l'aller.

Mise en service. Traction électrique (1). C'est aux installations hydrauliques qui ont servi à la construction du tunnel que l'on demandera la force motrice nécessaire au service du tunnel. On dispose, dans ces conditions, d'une puissance totale de 4000 chevaux environ. A chaque bout du souterrain, on doit consacrer 250 chevaux à la ventilation, et 100 chevaux à l'éclairage. Une réserve de 300 chevaux sera maintenue du côté nord seulement, pour parer aux nécessités de la réfrigération. Reste donc disponible une puissance d'environ 3000 chevaux.

Déjà les chemins de fer fédéraux ont introduit des demandes de concession pour l'augmentation de la puissance hydraulique. Du côté nord, une dérivation du Rhône entre Fiesch et Mörel fournira 5000 chevaux; du côté sud, l'utilisation de la Caïrasca donnera 3000 chevaux.

La Société Brown, Boveri et Cie. de Baden, a été autorisée par la direction générale des chemins de fer fédéraux suisses à organiser sur la section de ligne de Brigue à Iselle, c'est-à-dire à l'intérieur du tunnel, à titre d'essai, l'exploitation par la traction électrique (Contrat du 19 décembre 1905).

Voici les dispositions principales du contrat :

Les installations nécessaires à la production et à la transmission de l'énergie électrique sont établies aux frais de la Société Brown, Boveri et Cie. La durée de l'essai est fixée à un an. Il sera loisible aux chemins de fer fédéraux de résilier la convention si elle juge que la traction électrique est insuffisante pour assurer le service régulier du chemin de fer.

L'importance des installations électriques doit être telle que deux trains puissent se croiser à la station médiane du tunnel ou se suivre à distance de bloc, et que deux de ces trains puissent démarrer simultanément.

(1) Nous devons à l'obligeance de M. A. Zollinger, dr. h. c. Ingénieur en chef du Simplon, la communication des renseignements qui vont suivre.

Les trains de voyageurs de 300 tonnes (machine non comprise) circuleront à la vitesse de 68 kilomètres à l'heure, sauf sur la rampe d'Iselle à la station du tunnel (7 ‰) où la vitesse sera réduite à 34 kilomètres à l'heure.

Les trains de marchandises de 400 tonnes (machine non comprise) seront remorquées à la vitesse uniforme de 34 kilomètres à l'heure sur tout le parcours.

Les nouvelles installations, dans les bâtiments des machines, seront établies de telle manière qu'au besoin l'état primitif puisse être rapidement rétabli.

Dans le tunnel, la canalisation électrique doit être disposée de telle façon qu'elle puisse être transformée facilement en canalisation pour courant monophasé. En outre, les câbles devront être posés de façon à pouvoir être rapidement enlevés et remontés par tronçons en cas de réparations à effectuer à la voûte du tunnel.

Les chemins de fer fédéraux participent aux frais de la traction électrique à raison de fr. 0,60 pour chaque train par kilomètre, en service utile ; la section Brigue-Iselle est estimée à 21,9 kilomètres.

On a adopté le courant triphasé à la tension de 3000 volts et à 15 périodes par seconde.

Deux locomotives de la ligne de la Valteline, construites par la société Brown, Boveri et Cie, ainsi que d'autres locomotives de réserve, ont servi aux essais d'usage avant l'ouverture de l'exploitation, le 1er juin 1906 (1). Ces essais ont montré que la question de la traction électrique au Simplon demandait une étude approfondie.

Ainsi, les locomotives n'ont pu traîner les 400 tonnes des trains de marchandises à la vitesse de 34 kilomètres sur la rampe de 7 ‰ à cause du patinage des roues, l'adhérence étant vraisemblablement insuffisante.

D'autre part, les trains de voyageurs qui devaient marcher avec 300 tonnes à 68 kilomètres n'ont pu atteindre cette vitesse. Même quelques-unes des locomotives employées à ces essais ont été mises hors service par suite d'avaries aux moteurs (2). On a tenté d'expliquer ces accidents de différentes façons. Ainsi,

(1) Pour la description de ces locomotives, voir *Locomotives électriques pour le tunnel du Simplon*, Le Génie civil, tome XLVIII, n° 19, p. 305.

(2) Voir *Simplon tunnel*, Electrotechnischer Anzeiger, le 14 juin 1906, n° 47, p. 601.

on a fait remarquer que le train occupant les deux tiers de la section du tunnel, qui est à voie simple, agit à la manière d'un piston et refoule l'air en le comprimant, d'où une résistance supplémentaire à vaincre. On a signalé aussi l'influence de l'atmosphère chaude et humide sur les isolants qu'elle ramollit et recouvre d'une buée plus ou moins conductrice, ouvrant la voie aux courts-circuits, etc.

Quoi qu'il en soit des difficultés rencontrées, la traction électrique est utilisée pour les trains de marchandises et les trains omnibus depuis le 15 juin. Seuls les trains express sont remorqués provisoirement par des locomotives à vapeur.

Il est permis d'espérer que l'expérience habilement conduite ne tardera pas à vaincre les derniers obstacles, et nous serons l'interprète de tous ceux qui s'intéressent au développement de l'électrotechnique en souhaitant à la société Brown, Boveri et Cie un définitif et brillant succès. Ce sera la récompense bien méritée de sa généreuse et hardie entreprise.

Une dernière question qui intéresse le Simplon est celle de ses voies d'accès. A ce que nous en avons dit dans notre premier article, nous ajouterons ce renseignement :

Le grand Conseil de Berne a adopté, le 27 juin 1906, le projet de percement des Alpes bernoises pour la construction de la ligne du Loetschberg, entre Frütigen et Brigue, d'une longueur de 58 kilomètres avec rampe maximum de 27 ‰ et à traction électrique. Le devis est estimé à 88 millions. De la sorte, Berne et Bâle seront reliés directement au Simplon.

G. de Fooz.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

International Catalogue of scientific Literature, published for the international Council by the Royal Society of London. Série annuelle de volumes in-8°. — Paris, Gauthier-Villars.

Nous avons annoncé la *première année* de ce Répertoire (Revue des Questions scientifiques, t. LVII, janvier 1905, p. 691). La *seconde année*, formant, comme la précédente, 17 volumes, a paru. La *troisième* est en cours de publication. Nous avons reçu les volumes relatifs à la *Physique*, à la *Minéralogie*, à la *Géologie*, à la *Paléontologie* et à la *Physiologie*.

FESTSCHRIFT ADOLPH WÜLLNER GEWIDMET. Un volume grand in-8° de 264 pages. — Leipzig, B.-G. Teubner, 1905.

Recueil de mémoires scientifiques dédié à l'éminent physicien, à l'occasion de son soixante-dixième anniversaire, par ses collègues anciens ou actuels à l'Institut technique supérieur d'Aix-la-Chapelle. En voici le contenu :

Borchers, W., Considérations sur la simplification de l'extraction du cuivre.

Bredt, J., Étude sur la configuration dans l'espace du camphre et de quelques-uns de ses principaux dérivés.

Hayenbach, A., Sur les spectres de bandes.

Heffter, L., Sur l'ordonnance et la construction de la géométrie.

Hertwig, A., Relations entre la symétrie et les déterminants dans quelques données de la théorie des treillis.

Hinrichsen, W. et Watanabe, F., Sur la séparation de l'argent du sulfure en présence du mercure.

Koch, K. R., Une méthode optique pour la mesure directe des oscillations d'entraînement dans les observations du pendule.

Mangoldt, H. V., Sur une lacune de la théorie des électrons.

Schremann, R., Développement en série de puissances et méthode des moindres carrés.

Schur, F., Sur la composition des vitesses.

Sommerfeld, A., Figures de Lissajous et effets de résonance dans les oscillations de ressorts hélicoïdaux.

Wien, M., Une objection à la théorie de l'audition par résonance d'après Helmholtz.

Wien, W., Sur l'énergie des rayons cathodiques comparée à celle des rayons Röntgen et secondaires.

Winkelmann, A., Sur la diffusion de l'hydrogène naissant dans le fer.

Wüst, F., Contribution à l'étude des alliages carbonés du fer à forte teneur de carbone. V. S.

L. Couturat. — LES PRINCIPES DES MATHÉMATIQUES. Un vol. de la *Bibliothèque de Philosophie contemporaine*. — Paris, Alcan.

Cet ouvrage, inspiré en grande partie des *Principles of mathematics*, de M. RUSSEL, est " une sorte d'enquête sur l'état présent de la philosophie des mathématiques „. Il analyse ou résume les nombreux travaux publiés depuis une douzaine d'années sur les fondements logiques des mathématiques, mais spécialement ceux qui ont été effectués par M. Peano et ses disciples au moyen de la *Logistique* (logique algorithmique). Il aboutit à cette con-

clusion, que les mathématiques sont entièrement et uniquement fondées sur les principes et les notions premières de la logique. Cette thèse est opposée à l'épistémologie kantienne *(Appendice sur la Philosophie des mathématiques de Kant)*; elle a donné lieu à de nombreuses discussions.

C. Guichard. — Sur les Systèmes triplement indéterminés et sur les Systèmes triple-orthogonaux. Un vol. petit in-8° de 95 pages (Collection *Scientia*). — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

La collection *Scientia* se compose, comme on sait, d'une série de monographies, consacrées à de nouvelles acquisitions de la Science jouissant, dans une certaine mesure, d'une autonomie propre. C'est ainsi qu'à son tour M. C. Guichard, dont on connaît les belles contributions à la théorie des surfaces, a été appelé à résumer ses récentes recherches sur les systèmes triplement indéterminés, dont l'importance tient surtout à la formation, qui s'en déduit, de nouveaux systèmes triple-orthogonaux. L'auteur retrouve notamment, à titre de cas particulier, les systèmes très intéressants de Ribaucour (et non de Ribeaucour, comme une inadvertance a fait imprimer ce nom chaque fois qu'il revient en cet opuscule) qui apparaissent ainsi sous un nouveau point de vue. M. O.

Ch. Fassbinder. — Théorie et Pratique des approximations numériques. Un vol. in-8° de 91 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Sommaire. Ch. I : Définitions fondamentales : erreur absolue, erreur relative, nombre de chiffres exacts. — Ch. II : Calculs approchés. Problèmes du premier type : Connaissant les approximations de certains nombres, trouver l'approximation du résultat d'un calcul à effectuer sur ces nombres. — Ch. III : Calculs approchés. Problèmes du second type : Étant donnés des nombres exacts ou susceptibles d'être calculés avec autant de décimales que l'on veut, trouver avec une approximation donnée à l'avance le résultat d'un calcul effectué sur ces nombres. — Ch. IV : Notions sur les opérations abrégées. — Ch. V : Application de l'algèbre à la théorie des erreurs. Ce chapitre suppose connus le calcul des dérivées et le théorème des accroissements finis. — Nombreux exercices.

A. Arnaudeau. — Tables des intérêts composés, annuités et amortissements pour des taux variant de dixièmes en dixièmes

et des époques variant de 100 à 400, suivant les taux. Un vol. in-8° de XI-[15]-125 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Ces nouvelles tables d'intérêts composés fournissent, pour 65 taux d'intérêt différents, les données suivantes : la valeur de 1 franc placé à intérêts composés après un certain nombre d'années ou de mois ; la valeur actuelle de 1 franc payable après un certain nombre d'années ; la valeur actuelle d'un certain nombre d'annuités de 1 franc payables à la fin de chaque année ; l'annuité par laquelle on peut amortir un capital de 1 franc au bout d'un certain nombre d'années. Ces tables sont donc de nature à rendre les mêmes services que les tables existantes ; mais elles présentent une particularité importante. Au lieu de conserver la graduation traditionnelle des taux d'intérêt par $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{16}$ pour 100 (suivant le caractère plus ou moins usuel des taux considérés), l'auteur a adopté un intervalle uniforme de $\frac{1}{10}$ pour 100 pour toute l'échelle des taux. Le taux le plus bas des tables étant 0,5 pour 100, les suivants sont 0,6, 0,7 et ainsi de suite, sans aucune lacune, jusqu'au taux le plus élevé, 6,4 pour 100. Il résulte de cette uniformité dans les intervalles que l'interpolation se trouve facilitée et qu'on peut appliquer à cet effet la formule de Newton, en utilisant un ordre de différences en rapport avec l'approximation que l'on désire obtenir.

P. Duhem. — I. Un Ouvrage perdu cité par Jordanus de Nemore : le *Philotechnes*. Extrait de la Bibliotheca Mathematica, livraison du 21 janvier 1905, pp. 321-325. — Leipzig, B.-G. Teubner.

II. De l'accélération produite par une force constante. Notes pour servir à l'histoire de la dynamique. Extrait des *Comptes rendus* du IIe Congrès international de Philosophie, pp. 859-915, 7 figures. — Genève, H. Kündig.

III. Le principe de Pascal. Essai historique. Extrait de la Revue générale des Sciences, livraison du 15 juillet. Brochure in-8° de 44 pages, 4 figures. — Paris, A. Colin, 1905.

I. Il existait vraisemblablement au XIIIe siècle un traité de Géométrie, sans doute de Géométrie pratique, intitulé *Philotechnes* (l'Ami de l'art), dont Jordanus paraît revendiquer la paternité. On peut espérer qu'il n'est pas perdu et qu'il est représenté par quelqu'une des nombreuses *Practica Geometriæ* dont on possède le texte manuscrit. Deux renvois insérés par Jordanus en son traité de Statique faciliteront une identification précise de cet écrit.

II. *Sommaire :* I. Les diverses explications de la chute accélérée des graves données en l'antiquité et au moyen âge. — II. L'origine de la notion d'*impetus*. — III. L'accélération et la dynamique de Léonard de Vinci — IV. Les théories dynamiques de Nicolo Tartaglia. — V. Jérôme Cardan, Gaspard Contarini, Benedictus Pererius. — VI. L'accélération résulte d'une accumulation d'*impetus* produits par une force continue : Alexandre Piccolomini, Jules-César Scaliger, J.-B. Benedetti. — VII. Les premières recherches de Galilée. — VIII. Les recherches ultérieures de Galilée. — IX. Descartes et Beeckmann montrent qu'une force constante produit un mouvement uniformément accéléré. — X. L'œuvre de Pierre Gassendi. — *Conclusion :* au moment où la pensée de Gassendi rejoint celle de Descartes et de Beeckmann, le moment est venu où cette loi : *Une force constante produit un mouvement uniformément accéléré,* va être universellement acceptée : la Dynamique nouvelle est née.

Sa naissance a été le résultat d'une évolution lente, très complexe ; les quelques idées justes qui la composent se sont dégagées très péniblement des notions fausses avec lesquelles elles étaient confondues ; bien souvent, après être apparues un moment, elles se sont voilées de nouveau pendant une longue durée ; presque toujours, il est impossible de fixer avec précision l'instant où chacune d'elles s'est manifestée pour la première fois ; presque toujours, il est vain de vouloir nommer celui qui en fut le véritable inventeur. Il n'est guère de doctrine importante en Mécanique qui ne prête aux mêmes remarques.

III. *Sommaire :* I. Quelques extraits du *Traité de l'équilibre des liqueurs.* — II-VII. Influence du P. Marin Mersenne, de Simon Stevin, de J.-B. Benedetti, de Galilée, de Descartes, de Torricelli. — VIII. Quel fut l'objet de Pascal en composant le *Traité de l'équilibre des liqueurs :* “ Toutes les vérités qui doivent constituer l'Hydrostatique ont été découvertes ; mais elles gisent pêle-mêle et sans rapport entre elles, attendant celui qui les ordonnera, qui les reliera les unes aux autres, qui, de ces matériaux épars, construira une doctrine logique et harmonieuse. Pascal fut cet organisateur. „

O ECLIPSE TOTAL DO SOL. Observações feitas pelas commissões das Academias scientificas dos Collégios de S. Fiel e Campolide. Une brochure grand in-8° de 49 pages. — Lisboa, Papelaria La Bécarre, 1905.

Observaciones del eclipse total de sol del 30 de Agosto de 1905. Hechas por los Padres de la Compañia de Jesus en el Colegio de Oña. Une brochure grand in-8° de 48 pages. — Oña, 1906.

Résultats des observations faites par les missions portugaises des collèges de la Compagnie de Jésus d'une part, et par les professeurs du collège d'Oña d'autre part, le 30 août 1905. Combinés avec les documents obtenus dans d'autres stations et dont la publication se continue encore, ils fourniront sans doute aux nombreux problèmes de la physique solaire qui attendaient un progrès de la récente éclipse, des éléments de solution dignes du soin consciencieux mis à les préparer et à les publier. V. S.

Jacques Guillaume. — Notions d'Électricité, son utilisation dans l'industrie d'après les cours faits à la Fédération nationale des chauffeurs, conducteurs, mécaniciens, automobilistes de toutes industries. Un vol. in-8° de IX-351 pages, avec 154 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars.

Ouvrage d'ordre pratique. Quelques lois générales, très simplement exposées, servent de base théorique. En maints endroits, les développements donnent plus que ne promet le titre, et seront bien accueillis des industriels qui ont à discuter des devis de constructeurs électriciens, ou sont amenés à s'occuper d'exécuter ou d'exploiter des installations de force ou de lumière.

G. de Metz. — La double Réfraction accidentelle dans les liquides. Un volume in-8° de 99 pages, n° 26 de la collection *Scientia*. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Essai de coordination logique des divers cas étudiés expérimentalement depuis un demi-siècle, mais non encore reliés dans une théorie commune. L'auteur a lui-même exécuté un très grand nombre des mesures qui servent de base à ce difficile travail, et il espère que leur multiplication permettra d'arriver à pénétrer mieux la constitution des colloïdes en particulier et des liquides en général. V. S.

Régis Frilley. — Les Procédés de commande a distance au moyen de l'électricité. Un vol. in-16 des *Actualités scientifiques* ; 190 pages, 94 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

L'emploi d'appareils électriques de commande à distance commence à se généraliser pour la manœuvre des signaux dans les chemins de fer, pour le pointage des canons à bord des navires, pour le mouvement des tourelles, la commande de la

barre du gouvernail et des projecteurs, dans l'organisation des appareils télémétriques, etc.

Sans entrer dans les détails de toutes ces applications, l'auteur étudie les procédés qu'elles mettent en œuvre. Ces procédés sont eux-mêmes extrêmement variés et, en dehors des appareils servant directement à la commande à distance des électromoteurs, basés presque uniquement sur l'emploi d'électro-aimants relais judicieusement agencés, ils utilisent sous forme très originale les principes les plus différents de l'électrotechnique : emploi des ponts de Wheatstone, de l'étincelle d'induction, des ondes hertziennes, etc.

L'auteur donne dans chaque cas un schéma des connexions électriques relatives au procédé étudié.

E. James. — Théorie et Pratique de l'Horlogerie à l'usage des horlogers et des Écoles d'Horlogerie. Un vol. in-16 des *Actualités scientifiques*, 228 pages, 126 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Exposé précis, et constamment appuyé sur des exemples pratiques, des connaissances de mécanique, de physique et de cosmographie directement applicables à l'horlogerie.

Ch. Moureu. — Notions fondamentales de Chimie organique, deuxième édition. Un vol. in 8° de 320 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Exposé des principales théories actuelles de la Chimie organique, et étude sommaire et très générale des fonctions les plus importantes. Les étudiants des Facultés des sciences, surtout ceux du cours du certificat P. C. N., ceux de l'École de Pharmacie, les élèves de l'École Polytechnique et de l'École centrale trouveront dans cet ouvrage une base solide pour leurs études de Chimie organique. Voir un compte rendu de la première édition dans cette Revue, t. LIII, avril 1903, p. 620.

Sixième Congrès International de Zoologie. Berne, 1904. — Compte rendu des séances. Genève, 1905.

Ce volume de 733 pages, avec 33 planches et 51 figures dans le texte, renferme l'ensemble des travaux du Congrès de Berne. Son contenu est si varié, et si considérable le nombre des communications et des mémoires qu'il renferme, qu'on ne peut songer à en donner un résumé tant soit peu complet. Bornons-nous à un coup d'œil d'ensemble. Les mémoires sont écrits en

français, en anglais ou en allemand. Citons parmi les discours faits aux assemblées générales, ceux de M. Edmond Perrier, de Paris ; de M. Lang, de Zurich, sur un précurseur suisse de Darwin, Alexander Moritzi ; de M. Salensky, de St.-Pétersbourg, sur les dépouilles du Mammouth découvertes en 1901 à Beresowka ; de M. Osborn, de New-York, qui passe en revue dix ans de progrès de la Paléontologie des Mammifères aux États-Unis, et illustre son récit de 15 superbes planches en héliogravure, etc.

Parmi les communications faites en sections, nous citerons les suivantes : Sur la Stegomyia fasciata, par Gœldi, de Pará. L'Ours nain des Alpes grisonnes, par S. Bieler, de Lausanne. Clupéidés de la mer Caspienne, par Borodine, de St-Pétersbourg. Un nouveau genre de Syllidiens, par C. Gravier, de Paris. Observations biologiques sur les Fourmis, par A. Forel, de Chigny-sur-Morges. Variations des papillons, par Arnold Pictet, de Genève. Investigations zoogéographiques (avec 2 planches coloriées), par O. Kleinschmidt, de Volkmaritz, etc. L'ensemble donne une haute idée de l'importance de ce Congrès. L. Navas, S. J.

H. Stichel et **H. Riffarth.** — Das Tierreich. 22e livraison. *Lepidoptera. Heliconiidæ*, xv-290 pages avec 50 gravures. — Berlin, Friedländer und Sohn, octobre 1905.

Das Tierreich est l'œuvre collective d'un groupe nombreux de naturalistes distingués. Les vingt-trois livraisons qui ont paru contiennent, sur les branches les plus diverses de la zoologie, d'excellentes monographies ; nous signalons, en particulier, la 22e qui est consacrée aux *Heliconides*, famille de papillons à ailes supérieures allongées, à antennes grêles et à belles et vives couleurs.

Une bibliographie très riche et un tableau systématique des formes décrites ouvrent l'ouvrage. La bibliographie est indiquée dans chaque section et pour chaque forme. Les descriptions sont très complètes ; elles sont rédigées en allemand. Des clefs synoptiques conduisent avec sûreté à la détermination et les indications les plus précises de la localité ou patrie suivent toujours les descriptions.

Pour plusieurs espèces, on décrit un bon nombre de formes. On suit la nomenclature trinomiale lorsqu'il y a lieu, en commençant par des minuscules tous les noms techniques de catégorie inférieure à celle des genres. Ainsi on écrit : *Heliconius cyrbia venus, H. cyrbia juno*, au lieu de : *Heliconius cyrbia Venus, H. Cyrbia Juno*, etc. La tautologie *Heliconius cyrbia*

cyrbia, par exemple, *Heliconius gradatus gradatus*, etc., voulue par plusieurs auteurs modernes, nous plaît peu. L. Navas, S. J.

H. Schouteden. — *État indépendant du Congo.* Annales du Musée du Congo. *Faune entomologique de l'Afrique tropicale.* Tome I. Fascicule II. Rhynchota aethiopica. II. Arminae et Tessaratominae. 277 pages avec tables et 3 planches en couleur. — Bruxelles, juin 1905.

L'auteur étudie avec sa compétence bien connue une partie de la faune hémiptérologique de l'Afrique tropicale. Il a eu le soin de donner la clé dichotomique des espèces pour chaque genre qu'il comprend dans son mémoire. De chaque espèce il présente une description latine très complète ; il y ajoute, le plus souvent en français, les renseignements complémentaires. La synonymie accompagne toujours les différentes sections.

De nombreuses figures très utiles et très soignées, intercalées dans le texte, et trois planches lithographiées hors texte, font de cette publication une des plus riches que nous connaissions. L. N.

Dr Alph. Dubois. — *État indépendant du Congo.* Annales du Musée du Congo. *Zoologie.* Série IV. Remarques sur l'Ornithologie de l'État indépendant du Congo, suivies d'une liste des espèces recueillies jusqu'ici dans cet État. Tome I. Fascicule I, III-36 pages avec 12 planches en photochromie. — Bruxelles, novembre 1905.

Fascicule initial des études ornithologiques sur la belle et riche faune congolaise. L'auteur y présente la description, la synonymie et l'habitat d'un grand nombre d'espèces, dont plusieurs nouvelles, par exemple *Barbatula rubigularis* Dub., *Francolinus Nahani*, etc., et d'autres récemment décrites. Dans le genre *Turacus*, il donne la clé analytique de toutes les espèces et variétés connues (25 en tout), en supposant vraisemblable qu'on en trouvera d'autres au Congo que les huit observées jusqu'à présent.

Le mémoire se termine par une liste de 483 oiseaux congolais ; c'est peu, sans doute, comparé à la réalité, mais c'est beaucoup si l'on tient compte que l'auteur s'est borné, en dressant ce catalogue, aux espèces conservées au Musée de l'État indépendant, à Tervueren, au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, et à celles qui lui ont passé par les mains et de provenance certaine.

Les douze planches en photochromie sont superbes. Elles

représentent 16 espèces, dont quelques-unes en grandeur naturelle, avec leurs couleurs propres et dans un cadre vraiment artistique. Nous félicitons l'auteur de ce mémoire et les artistes qui l'ont aidé à réaliser cette œuvre de science et d'art. L. N.

É. De Wildeman. — *État indépendant du Congo.* Annales du Musée du Congo. *Études de Systématique et de Géographie botaniques sur la Flore du bas et du moyen Congo.* Vol. I. Fasc. III (pages I-III et 233-346 ; planches XLIV-LXXIII). — Bruxelles, mars 1906.

C'est le dernier fascicule du premier volume de la série V consacrée à la Botanique. Publication superbe, qui fait le plus grand honneur à l'État qui la soutient, et à notre savant collaborateur, M. É. De Wildeman.

Il énumère les plantes de l'herbier du Congo qui se trouvent au Jardin botanique de l'État, à Bruxelles, et décrit de nombreuses espèces, voire des genres nouveaux. La description est sobre, mais précise, suffisante et faite de main de maître.

Dans son Introduction, M. De Wildeman s'abstient de porter un jugement définitif sur la valeur des espèces qu'il mentionne. Faute d'exemplaires et de formes de transition, il a préféré, et nous sommes pleinement de son avis, délimiter les formes actuelles comme espèces distinctes, même au risque de devoir les réunir plus tard, que de synthétiser trop hâtivement. " S'il est, en effet, possible de ramener ultérieurement une espèce secondaire bien décrite à un type primaire définitivement établi, il devient fréquemment impossible de morceler, quand le besoin s'en fait sentir, une espèce synthétique constituée d'éléments disparates non spécifiés. „

Les 73 planches lithographiées qui accompagnent le texte, représentent quelques-unes des espèces nouvelles décrites. Leur exécution est parfaite ; les organes principaux : feuilles, fleurs, fruits, graines, ovaires, etc., sont admirablement figurés. L. N.

Nathan Banks. — *A Revision of the neartic Hemerobiidæ,* Trans. Am. Ent. Soc. Décembre 1905. In-8°, 30 pages avec 3 planches.

Ouvrage d'intérêt général, même pour les entomologistes d'Europe, car cinq au moins de nos espèces se trouvent aussi dans l'Amérique septentrionale. Il est basé surtout sur la collection de M. Banks, riche en Névroptères néartiques.

Après quelques renseignements généraux sur cette famille si

intéressante, l'auteur la divise en trois sous-familles, qu'il nomme *Dilarinæ*, *Sisyrinæ* et *Hemerobiinæ*, se servant de la terminaison *inæ*, que plusieurs entomologistes consacrent, en effet, aux sous-familles, d'autres la réservant aux tribus.

Dans cette division s'introduit une nouveauté : l'auteur fait rentrer les *Dilar* dans la famille des Hémérobides, dont ils avaient été séparés depuis longtemps par Hagen pour former une famille autonome, et avec raison, à notre avis. Le groupe des Dilar, quoique très restreint et analogue, dans son ensemble, aux Hémérobides, s'en écarte cependant beaucoup par la forme des antennes pectinées chez les mâles, la présence d'un long oviscapte chez les femelles, la structure des ailes, la forme du prothorax, etc. Si l'on veut partager les Dilarides, je trouverais très naturelle la division de la famille des Hémérobides en deux tribus, les *Sisyrines* et les *Hémérobines*.

Les Sisyrines sont distribués dans les genres *Polystœchotes*, *Lomamyia* (genre nouveau, avec désinence qu'il eût fallu éviter, étant donné qu'on l'emploie pour quelques genres de Diptères, en lui préférant *Lomamia*), *Climacia* et *Sisyra*.

A son tour les Hémérobines sont partagés dans les six genres suivants : *Megalomus*, *Sympherobius* (nov. gen.), *Boriomyia* (nov. gen.), (*Boriomia* eût été préférable pour la raison donnée plus haut), *Hemerobius*, *Psectra* et *Micromus*, dont deux nouveaux à cause de la division du genre primitif Hemerobius de Linné en trois : Hemerobius, Sympherobius et Boriomyia. Tous trois peuvent s'étendre aux espèces européennes. Ainsi le genre Hemerobius s. str. comprend les espèces : *humuli*, *micans*, *atrifrons*, *nitidulus*, *stigma*, *limbatellus*, *lutescens*, *orotypus* ; le Boriomyia : *concinnus*, *4-fasciatus*, *subnebulosus*, *nervosus* ; le Sympherobius : *elegans*, *parvulus*, *inconspicuus*. Le genre Hemerobius reste le plus nombreux, comprenant treize espèces néartiques, dont deux aux moins, *humuli* et *marginatus*, sont fréquentes en Europe.

Je ne puis que souscrire à l'idée très sage, à mon avis, de conserver le nom d'Hémérobides, que quelques auteurs donnent aux Chrysopides, changeant ainsi une pratique consacrée par l'usage ; d'où la nécessité de rayer le nom générique *Chrysopa* et le nom de famille *Chrysopides*. En voulant pousser à l'excès la rigueur, on risque d'engendrer la confusion. Il vaut mieux, nous semble-t-il, conserver séparées aussi par le nom les deux familles des Hémérobides et des Chrysopides, conformément à l'usage le plus courant. L'auteur avait déjà fait la revision des

Chrysopides néartiques ; la revision des Hémérobides en est la suite la plus heureuse. L. N.

A. Da Cunha. — L'Année technique 1905. Un vol. in-8° de 232 pages, 106 figures ; préface de **A. Dastre.** — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Ce volume nous offre le tableau des principales applications de la science au cours de l'année écoulée. C'est, dans le domaine des arts industriels les plus importants, une sorte de revue des progrès accomplis. Le premier chapitre est consacré aux nouveautés en construction et architecture : le nouveau pont suspendu de Williamsbourg, qui réunit New-York à Brooklyn à travers l'East-River ; les grands barrages de Barossa en Australie et d'Ithaca aux Etats-Unis ; les perfectionnements récemment adoptés pour permettre le transbordement des voyageurs ou le transport des charges ; la description de l'outillage employé à la construction du Métropolitain de Paris, etc. Les chapitres suivants sont consacrés à la technologie générale, aux moyens de transport et plus particulièrement aux chemins de fer.

Albert Granger. — La Céramique industrielle. Chimie. Technologie. Un vol. de la *Bibliothèque technologique*, 644 pages, 179 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

L'auteur a réuni en ce volume toutes les données définissant l'état actuel de l'industrie de la Céramique. L'ouvrage s'ouvre par l'étude détaillée des matières premières et des généralités. Ce n'est qu'après avoir décrit les substances employées dans la composition des pâtes, glaçures et colorants, les méthodes à suivre pour constituer une pâte, les appareils servant à la façonner, les fours destinés à la cuire, que l'auteur aborde l'étude détaillée de la fabrication des terres cuites, produits réfractaires, faïences diverses, grès et porcelaines, en se bornant aux procédés suivis le plus généralement. Les travaux récents sur la composition des argiles, la dilatation des pâtes, les méthodes d'essai des matériaux, etc., sont cités et analysés, de sorte que le lecteur trouvera, en même temps que les détails de la pratique industrielle, le résumé des tentatives faites par les hommes de science pour améliorer les fabrications céramiques. Un soin tout particulier a été donné à la bibliographie. Un lexique en trois langues (anglais, allemand, français) donne la concordance de quelques termes techniques dont l'explication est difficile à trouver dans les dictionnaires.

X. Rocques. — Les Industries de la conservation des aliments. Préfaces par **P. Brouardel** et **A. Muntz.** Un vol. grand in-8° de 506 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Le but de l'auteur est de réunir les données que nous possédons actuellement sur la conservation des aliments, de rappeler les travaux scientifiques qui ont donné naissance et servent de bases aux industries correspondantes et d'exposer la pratique rationnelle de ces industries.

H. Astruc. — Le Vinaigre. Un vol. petit in-8° de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, 163 pages, 16 figures. — Paris, Gauthier-Villars.

Théorie technique de la fabrication du vinaigre : la matière première, la fabrication tant au point de vue chimique qu'au point de vue pratique, l'installation et l'aménagement des locaux, les différents appareils et procédés, leur conduite, le produit fabriqué, ses traitements, ses maladies, sa composition, ses essais, la recherche de ses adultérations, sont successivement passés en revue et minutieusement étudiés.

L. Grillet. — La Législation des accidents du travail. Un vol. petit in-8° de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, 200 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

Ce *vade-mecum* sera très utile aux ingénieurs, chefs d'industrie, secrétaires de syndicats, assureurs, juges même qui y trouveront l'exposé clair de la législation française en matière d'accidents du travail, et de l'état actuel de la jurisprudence.

Dr C. M. E. Dubruel, Médecin-Major des troupes coloniales. Le Béribéri. Un vol. in-8° de 157 pages, avec figures dans le texte. — Paris, Baillière, 1905.

Ouvrage honoré d'une médaille d'or par la Faculté de Médecine de Bordeaux (Prix de Médecine coloniale et d'Études exotiques). L'auteur y rassemble les matériaux épars dans les ouvrages et les revues étrangères difficiles à consulter et, s'aidant de sa propre expérience, expose et discute les théories très nombreuses émises sur la nature du béribéri. Voici un résumé de la table des matières : Historique. Domaine géographique. Pathogénie. Anatomie pathologique. Causes prédisposantes. Symptomatologie. Formes cliniques. Diagnostic. Pronostic. Prophylaxie. Traitement. Observations. Conclusions. Une liste bibliographique comprenant 78 nos (ouvrages séparés, articles de Revue) termine cette excellente monographie.

James Forbes. — L'Église catholique au xixe siècle (1800-1900), 2e édition. Un vol. in-16 de 287 pages. — Paris, Lethielleux.

Ce volume réunit quelques conférences données à Paris, à St-Philippe du Roule, à St-François-Xavier, etc. L'auteur y expose le développement de l'Église catholique au xixe siècle.

Après un coup d'œil d'ensemble, il étudie tour à tour la marche de l'Église, au cours du siècle passé, en Allemagne, aux États-Unis, en Angleterre, en France. Tableaux hautement instructifs et bien faits pour relever les âmes que les tribulations de l'heure présente tendraient à abattre. Études documentées, pleines de chiffres éloquents, où se retrouve la manière toute positive, un peu britannique, de J. Forbes.

Les pages sur la France sont particulièrement intéressantes. L'auteur y met à nu la situation de son pays au point de vue religieux, et suggère les remèdes qu'elle lui paraît comporter.

F. Turmel. — Histoire de la Théologie positive, du Concile de Trente au Concile du Vatican. Un vol. in-8° de xiv-440 p.— Paris, Beauchesne, 1906.

Ce volume fait suite à l'*Histoire de la Théologie positive jusqu'au Concile de Trente*, du même auteur ; il en a toutes les qualités de clarté, d'ordre et d'érudition. Le plan et la méthode sont restés identiques ; toutefois l'abondance des matières a fait remettre à plus tard l'étude des mystères, des sacrements et de la grâce : l'auteur se borne ici au mouvement théologique relatif au dogme de l'Église (règle de foi — Église — Papauté). Nous souhaitons vivement le prochain achèvement d'une œuvre éminemment utile et très méritante. E. H.

P. Vallet. — Les Fondements de la connaissance et de la croyance, examen critique du Néo-Kantisme. Un vol. in-8° de xii-436 pages. — Paris, P. Lethielleux.

Exposé et discussion des " principaux problèmes philosophiques et théologiques à la double lumière de la raison et de la foi et au point de vue des besoins de la pensée contemporaine „ (Préface, p. xii). Première partie : *Les fondements de la connaissance*. Le problème de la certitude. La connaissance sensible. La connaissance intellectuelle. L'absolu. La substance. La cause. Connaissance de l'univers. Connaissance de l'âme. Connaissance de Dieu. — Seconde partie : *Fondements de la croyance*. La Foi. Les dogmes. L'apologétique.

J.-B. Ferreres, S. J. — La Mort réelle et la Mort apparente et leurs rapports avec l'administration des sacrements... Traduction française sur la 3me édition espagnole par le **Rév. Dr J.-B. Genisse**, avec notes et appendices du même. Un vol. in-8o de 466-xvi pages. — Paris, G. Beauchesne, 1906.

L'opuscule du R. P. Ferreres s'adresse aux prêtres et aux médecins ; l'importance du sujet est manifeste et l'exposé en est excellent. Le Rév. Dr Genisse en a triplé les dimensions en ajoutant à sa traduction une *préface* (5-22), des *notes* et des *appendices* (159-466), sur l'incertitude des signes ordinaires de la mort, la persistance de la vie après le dernier soupir, la fréquence des inhumations précipitées et les moyens à employer pour échapper au danger d'être enterré vivant.

JOSEPH-MARIE DE TILLY

(1837-1906)

Le 4 août 1906, la Belgique a perdu l'un de ses plus nobles enfants, le lieutenant-général Joseph-Marie De Tilly, membre de l'Académie royale de Belgique et de la Société scientifique de Bruxelles, dont les écrits sur les principes de la géométrie et de la mécanique resteront, croyons-nous, dans le domaine de la philosophie scientifique, l'une des œuvres les plus remarquables du XIXe siècle.

Nous avons publié autrefois dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (2e série, t. VII. pp. 584-595), une *Notice sur les recherches de M. De Tilly en Métagéométrie.* Nous donnons plus bas le discours que nous avons prononcé, le 7 août dernier, aux funérailles de M. De Tilly et où nous avons reproduit, en les complétant, plusieurs de nos appréciations antérieures sur ses travaux.

Voici les dates principales de la carrière militaire de M. De Tilly. Né à Ypres, le 16 août 1837, il a été successivement élève (1853-1858), répétiteur (1864-1868), professeur (1868-1877) à l'École militaire ; directeur de l'arsenal de construction d'Anvers (1879-1889) ; et enfin commandant et directeur des études à l'École militaire (26 décembre 1889-26 décembre 1899). Il sut y faire régner l'ordre et la discipline d'une manière plus absolue qu'à aucune période antérieure et il y éleva le niveau des études scientifiques.

Le 26 décembre 1899, M. De Tilly fut nommé pré-

si dent du comité d'études de la position d'Anvers etain si éloigné de l'École militaire. Tout le monde regarda cette nomination comme une destitution déguisée ; et quand M. De Tilly eut été mis à la pension, avant l'âge, en 1900, cette mesure suscita, à la Chambre des Représentants, un long débat qui mit aux prises, comme on l'a dit, la science militaire et la bureaucratie militaire. L'ordre du jour, voté par la Chambre, donna raison à la science.

M. De Tilly avait gravi peu à peu tous les échelons de la hiérarchie militaire, depuis le grade de sous-lieutenant d'artillerie jusqu'à celui de lieutenant-général.

Il avait été nommé successivement chevalier, officier, commandeur, grand officier de l'ordre de Léopold (novembre 1899). Il était décoré de plusieurs ordres étrangers.

Nous faisons connaître plus bas les étapes principales de la vie scientifique de M. De Tilly. Il était membre depuis longtemps de la Société royale des Sciences de Liége, de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, dans les Recueils de laquelle il a publié un de ses principaux ouvrages, l'*Essai* de 1878.

Il faisait partie de la Commission de l'Observatoire et du Conseil d'administration de la Bibliothèque royale, etc., etc.

La santé de M. De Tilly avait été assez chancelante pendant les hivers de 1904-1905, 1905-1906, qu'il dut passer dans le Midi ; néanmoins il put présider les sessions de la Société scientifique de Bruxelles d'octobre 1904 à Mons, de mai 1905 et d'octobre 1905 à Bruxelles. Au printemps de 1906, il semblait avoir repris son ancienne vigueur, mais une affection cardiaque l'enleva à l'affection de sa famille et de ses amis, après quelques jours de maladie, le 4 août 1906. La veille, il avait reçu les derniers secours de la religion qu'il avait toujours pratiquée sans bravade et sans peur.

Ses funérailles eurent un caractère très simple : il avait refusé les honneurs militaires. Le service funèbre eut lieu

le mardi 7 août, à 11 heures, en l'église des SS. Jean et Nicolas à Schaerbeek et l'inhumation, immédiatement après, au cimetière de Laeken. M. le colonel Maffei et M. Salkin, professeur émérite à l'École militaire, l'un à la maison mortuaire, l'autre au cimetière, prononcèrent des allocutions émues où ils dirent, en termes d'une grande élévation, à quel point M. De Tilly fut, dans sa vie privée, l'ami fidèle et dévoué de ceux qui avaient mérité son affection, dans sa vie publique, l'homme du devoir absolu, sans faiblesse et sans compromission.

Voici le discours où, à la maison mortuaire aussi, nous avons essayé d'apprécier sa carrière scientifique.

Messieurs,

L'homme éminent dont nous pleurons la perte a fait partie de l'Académie royale de Belgique depuis 1870, de la Société scientifique de Bruxelles depuis 1876, du Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen depuis 1891.

Au nom de ces corps savants, auxquels il était si dévoué, permettez-moi de lui adresser un dernier adieu et, comme collègue, comme ami, comme disciple, d'esquisser sa belle et féconde carrière scientifique.

Elle se divise en quatre périodes presque égales dont chacune est marquée par une œuvre d'une valeur scientifique et philosophique durable.

Joseph-Marie De Tilly, né à Ypres en 1837, entre à l'École militaire à seize ans, en 1853, pour en sortir comme sous-lieutenant d'artillerie en 1858 ; il fait partie de l'armée active jusqu'en 1864, époque où il est nommé répétiteur à l'École militaire ; il occupe ces fonctions jusqu'en 1868.

C'est pendant ces dix années d'une laborieuse jeunesse (1858-1868) que De Tilly pose les bases de ses travaux géométriques. Dès 1860, à vingt-trois ans, il publie ses

Recherches sur les Éléments de géométrie, où il signale toutes les imperfections et les lacunes du traité de Legendre. Dans ce premier écrit, il donne déjà des preuves d'un vrai esprit critique à propos des questions difficiles qui se présentent au début de la science de l'espace et, en particulier, à propos du postulatum d'Euclide.

Peu de temps après, il fait cette découverte capitale que l'on peut établir un système complet et rigoureux de géométrie sans recourir ni au postulatum d'Euclide, ni à aucun autre équivalent. Sans sortir de la géométrie plane, il retrouve par une voie personnelle, tous les résultats fondamentaux de Lobatchefsky et de Bolyai. Mais il va plus loin qu'eux ; le premier, il écrit une cinématique, une statique et une dynamique non euclidiennes. Ces recherches furent présentées à l'Académie royale de Belgique, le 1er août 1868, sous le titre d'*Études de Mécanique abstraite*.

La seconde période de la carrière scientifique de De Tilly s'étend de 1868 à 1878. C'est alors que son activité scientifique devient le plus intense. Pendant ces dix années, il publie plus de cinquante notes ou mémoires sur les sujets les plus variés de mathématiques pures ou appliquées. Il avait été nommé professeur à l'École militaire en 1868. La Classe des sciences de l'Académie royale l'avait appelé dans son sein comme correspondant en 1870. Dès 1872, elle le charge de faire le *Rapport séculaire sur les travaux de l'Académie*. Ce rapport, d'une lumineuse concision, est une belle page d'histoire scientifique; mais il n'est rien en regard de l'œuvre capitale de De Tilly pendant cette seconde période de sa vie, je veux dire son *Essai sur les principes fondamentaux de la Géométrie et de la Mécanique* (1878). Dans ce remarquable ouvrage, c'est directement que De Tilly attaque et expose d'une manière complète les principes de la science de l'espace. Reprenant à son insu une idée de Cauchy, dont on a d'ailleurs retrouvé le germe chez Leibniz, il fonde toute la géométrie sur la notion d'intervalle ou de distance de

deux points. Cette notion première irréductible, il l'analyse avec une sagacité et une rigueur magistrales, et il en fait sortir successivement la géométrie de Riemann, la géométrie de Lobatchefsky et enfin celle d'Euclide. Dans son livre, De Tilly soumet aussi à sa critique pénétrante les principes de la mécanique, mais en les considérant seulement dans l'espace euclidien.

La troisième période de la carrière de De Tilly est une période d'activité professionnelle et de recueillement scientifique. Déchargé en 1877 de ses fonctions de professeur à l'École militaire, il fut nommé en 1879 directeur de l'arsenal de construction militaire d'Anvers et occupa ce poste pendant dix ans. Malgré son écrasante besogne, il parvient à publier, entre autres travaux, une étude originale d'analyse sur les équations linéaires (1887). La Classe des sciences de l'Académie l'avait nommé membre effectif en 1878 ; il en fut élu Directeur et nommé Président de l'Académie entière pour l'année 1887. A la séance solennelle de décembre 1887, il prononça un discours extrêmement remarquable sur les *Notions de force, d'accélération et d'énergie*. C'est une refonte du dernier chapitre de l'essai de 1878, où se trouve, à côté d'une critique approfondie des principes de la mécanique, une vraie découverte philosophique : De Tilly y expose, en effet, une solution simple et naturelle du problème de la conciliation du déterminisme avec le libre arbitre ; simple et naturelle, bien entendu, pour ceux qui connaissent la mécanique rationnelle.

La quatrième période comprend exactement les dix années suivantes, du 26 décembre 1889 au 26 décembre 1899, pendant lesquelles De Tilly est Commandant et en même temps Directeur des études à l'École militaire. En 1891, il succède à Liagre comme membre du Conseil de perfectionnement moyen et y acquiert bientôt la plus légitime influence. En 1897 et 1899, il fait paraître deux éditions successives d'une brochure substantielle sur les

examens d'admission en mathématiques à l'École militaire : cet opuscule méthodologique contient des indications vraiment précieuses pour les professeurs de mathématiques qui s'intéressent au progrès de l'enseignement.

De Tilly a publié pendant cette période de sa vie un mémoire scientifique qui est le couronnement de son œuvre géométrique et où il s'est vraiment surpassé lui-même : je veux parler de son *Essai de Géométrie analytique générale* (1892). Il y montre que toute la géométrie se réduit en dernière analyse à une seule relation entre $n + 2$ points si l'espace est à n dimensions ; entre 5 points par conséquent, pour notre espace expérimental à trois dimensions. Cette relation n'est pas arbitraire, elle est soumise à une condition nécessaire et suffisante, dite *condition des six points*, qu'il détermine. Il faut lire dans le mémoire même, la plume à la main, comment l'auteur deduit de la relation fondamentale les trois géométries euclidienne, lobatchefskienne, riemannienne, sans recourir à aucune autre notion que celle de distance.

Après 1899, De Tilly a complété plusieurs de ses recherches sur la géométrie ou la mécanique, mais selon lui, sans y ajouter rien d'essentiel, sauf, ce nous semble, dans quelques pages sur le triangle isoscèle ; il y résout à fond une difficulté qui n'existe vraiment qu'en géométrie plane, et que les philosophes ont appelée, en géométrie solide, le paradoxe de Kant sur l'équivalence des objets symétriques.

Telle est l'œuvre scientifique et philosophique de De Tilly : il a étudié trois fois d'une manière originale et de plus en plus approfondie la question des premiers principes de la science de l'espace ; vingt-cinq ans avant les mathématiciens philosophes italiens, il a établi d'une manière solide cette vérité capitale : *la géométrie est la physique mathématique des distances ;* — le premier, presque le seul, il a créé la mécanique non euclidienne ; — par une voie plus simple et plus naturelle que Boussinesq,

il a donné une solution du problème de la conciliation du déterminisme avec le libre arbitre.

Cette œuvre de De Tilly a-t-elle été appréciée dans son pays comme elle méritait de l'être ? Nous n'oserions l'affirmer : les géomètres la trouvaient trop philosophique, les philosophes ne pouvaient la comprendre parce qu'elle était trop mathématique. A cette heure des suprêmes séparations, qu'il nous soit permis à nous au moins, son disciple et souvent le confident de ses pensées, dans ce domaine de la philosophie scientifique, de dire hautement que nous regardons les travaux de De Tilly, en géométrie et en mécanique non euclidiennes, comme appartenant à la partie impérissable de la science.

Mais ce n'est pas là toute l'œuvre de De Tilly. Homme du devoir, il savait que, comme officier d'artillerie, il devait être un technicien et il le fut. En réalité, ce sont ses heures de loisir seules qu'il a données à la science pure ou philosophique. Dans ses heures de travail professionnel, qui sont les plus nombreuses, il consacre toutes les ressources de son esprit aiguisé par ses recherches spéculatives aux problèmes de mécanique appliquée et d'art militaire qu'il est de son devoir d'approfondir et de résoudre. C'est ainsi qu'en vingt ans, de 1863 à 1883, je trouve dans la liste de ses écrits plus de vingt notes, mémoires ou ouvrages sur les sciences appliquées : sur l'appréciation des distances en artillerie (1863) ; cours de mécanique (1866, 1868) ; deux cours d'artillerie (1867, 1872-1878) ; sur le frottement de glissement (1870) ; sur le roulement (1871) ; sur la balistique appliquée (1872) ; sur le mouvement d'un solide (1873-1874) ; sur la similitude mécanique (1873-1874) ; balistique extérieure (1874) ; balistique intérieure (1875) ; sur les levers du matériel d'artillerie (1875) ; sur des questions de balistique (1876) ; sur le cerclage des canons (1876) ; sur la rotation des projectiles (1877) ; sur des engrenages à embrayage auto-

matique (1878) ; sur la résistance de l'air dans le tir des projectiles (1883).

Sa compétence en mécanique pure et appliquée était universellement reconnue par ses confrères de l'Académie, de la Société scientifique et du Conseil de perfectionnement. Il était chargé de tous les rapports relatifs à cette partie de la science, ou y touchant de près ou de loin. Avec quelle conscience ne s'acquittait-il pas de cette tâche souvent ingrate de rapporteur ! Je pourrais citer tel travail récent de mécanique dont l'examen lui a coûté une grande partie de ses loisirs pendant près d'un an. Mais aussi, grâce à l'active collaboration d'un rapporteur aussi consciencieux, l'auteur a pu transformer son mémoire et le rendre inattaquable. Trente ans auparavant, De Tilly avait ainsi complété et précisé un mémoire de Genocchi sur les Eulériennes. Tel livre soumis au Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen est devenu un bon manuel, parce que l'auteur a pu le remanier d'après une critique minutieuse et détaillée que De Tilly, avec sa bienveillance accoutumée, avait bien voulu en faire.

Il avait des idées vraiment élevées sur le rôle de l'enseignement scientifique, soit dans les athénées et collèges, comme le prouvent son opuscule de 1897-1899 et maints articles originaux de méthodologie mathématique, soit dans les écoles techniques et, en particulier, à l'École militaire. Comme Brialmont, comme Liagre, comme Nerenburger, il appartenait à cette élite, qui pendant les fécondes années de leurs études supérieures ont senti leur intelligence se développer et s'épanouir sous l'influence d'un haut enseignement scientifique. Ils ont eu conscience de leur valeur personnelle en luttant de toutes leurs forces contre les difficultés des mathématiques transcendantes, des sciences physiques et de leurs applications exposées scientifiquement. Aussi ont-ils tous voulu que les jeunes générations qui doivent passer à l'École militaire pussent s'abreuver à leur tour à ces sources fécondes du savoir.

De Tilly a lutté dans des conditions difficiles pour le maintien de ces hautes traditions à l'École militaire et il y a réussi, mais au prix de bien rudes épreuves. Ce n'est ni le lieu ni le moment de les rappeler ; mais puisque j'ai l'honneur de parler ici au nom de l'Académie, je serais infidèle au mandat qu'elle a bien voulu me confier, si je ne disais pas que la Classe des sciences a fait tout ce qu'elle a pu pour en adoucir l'amertume. Dans sa séance du 6 janvier 1900 qui a suivi l'éloignement de De Tilly de cette École militaire à laquelle il avait donné le meilleur de sa vie, elle l'a élu à l'unanimité son Directeur pour la seconde fois.

La *Société scientifique de Bruxelles* s'honore aussi d'avoir compté De Tilly parmi ses membres pendant trente ans. Il a fait partie de son Conseil chaque fois que ses occupations professionnelles le lui ont permis ; il en a été vice-président trois fois (1876-1877, 1903-1904, 1904-1905) et président pendant l'année écoulée, 1905-1906. Nous étions fiers de compter dans nos rangs un savant aussi profond et aussi original, qui partageait nos convictions religieuses, philosophiques et scientifiques.

Par la dignité de sa vie, par la noblesse de son caractère, par son scrupuleux amour du devoir, par la sûreté de son amitié, De Tilly s'était acquis l'estime et l'affection de tous ceux qui avaient pu le connaître intimement. A l'Académie, à la Société scientifique de Bruxelles, au Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen, il ne comptait que des amis. En leur nom à tous, je lui adresse le suprême *Au revoir* de l'espérance chrétienne, là-haut, dans le royaume de la Lumière sans ombre, de la Justice sans défaillance.

P. Mansion,
membre de l'Académie royale de Belgique.

LA CHRONOLOGIE

DES

ÉPOQUES GLACIAIRES

ET

L'ANCIENNETÉ DE L'HOMME

La notion de l'ancienne extension des glaces en Europe est aujourd'hui devenue si courante, qu'on a de la peine à se figurer que son introduction dans la science soit encore bien loin d'avoir un siècle de date. C'est en 1815 que l'idée en est venue, par simple intuition, à un modeste guide alpin, Perraudin, et Venetz, qui ne reçut pas sans surprise la confidence de cette conception, dut la mûrir quelque temps avant de se décider à s'en faire le champion. Il fallut ensuite, pour amener le triomphe de cette nouveauté, les efforts successifs des Charpentier, des Agassiz, des Desor, et la lumière ne parut faite que quand, il y a une cinquantaine d'années, Alphonse Favre se fut trouvé en mesure de définir avec précision le territoire que les glaces alpines avaient occupé. Encore cette démonstration ne fut-elle pas de suite acceptée par tous. Ceux qui, de 1860 à 1865, fréquentaient les cours de l'École des Mines, se souviennent encore de l'incrédulité, pour ne pas dire de l'irritation, que provoquait, chez l'illustre auteur de la théorie des soulèvements, toute allusion aux glaciers

quaternaires. Il admettait volontiers de grands cataclysmes *diluviens*, distinguant même un *diluvium scandinave* et un *diluvium alpin* ; mais pour lui, tout cela était l'œuvre de violents cours d'eau, et il ne fallait pas lui parler de glaciers. Quand, en 1875, la Société géologique de France tint une réunion en Savoie, sous la direction d'Alphonse Favre, qui fit exprès, durant toute une journée, de promener les excursionnistes au milieu des anciennes moraines et des rochers polis, on pouvait encore entendre grommeler, parmi les groupes, quelques attardés de la vieille école, qui s'obstinaient à ne pas ouvrir leurs yeux à la lumière.

Combien les choses sont changées depuis lors, et qui donc aujourd'hui voudrait contester l'ancienne extension des glaces, en dehors de quelques fantaisistes que la contradiction amuse, ou de faiseurs de systèmes, dont les conceptions *a priori* se trouvent dérangées par les faits devant lesquels s'inclinent tous les observateurs de bonne foi ?

Donc il ne s'agit plus maintenant de prouver que les glaces ont occupé d'immenses territoires, non seulement autour des Alpes, où elles couvraient 150 000 kilomètres carrés, contre 4000 qu'elles occupent aujourd'hui, mais aussi autour des Pyrénées, des cimes du Massif Central, des Vosges et des Carpathes, tout comme elles rayonnaient, sur des millions de kilomètres carrés, de part et d'autre de la Scandinavie ainsi que de la région laurentienne de l'Amérique. Il ne s'agit même plus de définir avec précision les limites atteintes par cette extension. A mesure qu'on s'appliquait à cette tâche, il a bien fallu reconnaître qu'il y avait moraines et moraines ; qu'entre deux dépôts morainiques d'ancienne date, il pouvait exister, sous le rapport de la constitution comme sous celui de la situation mutuelle, autant de différence qu'en pouvait présenter une moraine quaternaire, relativement à un dépôt glaciaire s'accomplissant sous nos yeux. La

preuve fut bientôt faite, non seulement que l'extension quaternaire avait présenté des oscillations, au moins comparables à celles qui, de nos jours, font tantôt avancer, tantôt reculer les lobes de glaces ; mais que, parmi ces oscillations, il s'en trouvait d'une telle ampleur que parfois, entre deux périodes de progression, le terrain avait dû se trouver au moins aussi libre de glaces qu'il l'est aujourd'hui. En résumé, ce n'est pas à *une époque glaciaire* unique qu'on avait affaire, mais à *plusieurs*, séparées par des stades *interglaciaires*, et dont la succession a dû embrasser un énorme intervalle de temps. Mais alors, combien doit-on reconnaître de ces époques ?

Au début, dans le massif alpin, on en a clairement distingué deux. Les dépôts de la plus récente formaient, bien en avant des glaciers actuels, une ligne de moraines encore très fraîche, sinon continue, du moins facile à reconstituer dans son ancien contour, et dont les matériaux n'avaient subi aucune altération sensible. On y reconnaissait encore, sans difficulté, une boue glaciaire grisâtre, empâtant des blocs de toute dimension, dont beaucoup à contours anguleux, en même temps que plusieurs montraient des *rayures* caractéristiques. A cause de leur situation, à moindre distance des glaciers du temps présent, ces moraines furent appelées *moraines internes*.

Mais, en dehors du territoire qu'elles occupaient, les yeux des glaciéristes, désormais façonnés à ce genre de recherches, apprirent bientôt à reconnaître, épars çà et là, des lambeaux de cailloutis assez analogues aux précédents. Les éléments, il est vrai, en étaient sensiblement altérés, par suite d'une plus longue exposition à l'influence des agents atmosphériques. La surface, bien moins irrégulière, avait perdu les caractères habituels du *paysage morainique*. Mais la nature et la disposition des matériaux plaidaient pour une origine glaciaire. D'ailleurs, là où ces dépôts entraient en contact avec les moraines

internes, on voyait celles-ci raviner très nettement les dépôts plus altérés. Ces derniers représentaient donc un état glaciaire plus ancien, qui s'était étendu en surface plus loin que l'autre, à une époque où la topographie de la contrée différait beaucoup de ce qu'elle est aujourd'hui. Ils appartenaient à une chaîne de *moraines externes*, chaîne aujourd'hui morcelée par le travail des cours d'eau, en même temps qu'oblitérée par la longue action des agents météoriques, mais suffisamment nette pour qu'on pût affirmer une première extension des glaces.

Plus d'une fois d'ailleurs, entre les moraines internes et la chaîne externe, on voyait apparaître, ravinant la dernière, mais recouvertes par les premières, soit de vraies alluvions fluviales avec débris de grands pachydermes ou de rhinocéros, soit des dépôts de lignites, où les restes végétaux trahissaient une température très clémente. Il y avait donc eu, entre la première et la seconde époque glaciaire, une vraie période *interglaciaire*, durant laquelle les vallées de la Suisse, auparavant enfouies sous un épais manteau glacé, avaient dû être dégagées jusqu'au cœur même du massif. Des constatations analogues étaient aussi faites en Amérique, où l'on apprenait à distinguer le vrai *drift* glaciaire, avec sa topographie morainique si bien accentuée, d'un *drift atténué*, capable de s'étendre jusqu'à des centaines de kilomètres en avant de l'autre. Ce drift atténué représentait ce que l'érosion et l'altération atmosphérique avaient bien voulu laisser subsister, parmi les dépôts d'une première invasion glaciaire qui, comme celle d'Europe, avait couvert plus d'espace que la seconde.

Ce premier point une fois acquis, la poursuite des levés géologiques de détail mit les observateurs dans la nécessité d'opérer, en chaque point, la séparation des dépôts respectivement attribuables aux deux époques. Ce travail, entrepris pour les Alpes orientales par M. Penck, le

savant professeur de l'Université de Vienne (1), le conduisit dès 1883, non pas seulement à soupçonner, mais à établir par des faits, que le nombre des extensions glaciaires devait être porté à trois (2), sans préjudice des oscillations de moindre importance que chacune d'elles avait pu traverser. Les moraines internes continuant à jalonner la troisième invasion, tandis que les moraines externes correspondaient à la seconde, les traces de la première se trouvaient dans des cailloutis très altérés, occupant des *plateaux*, où ils formaient des lambeaux de *nappes*, tandis que les moraines internes et externes apparaissaient surtout sous forme de *terrasses aux flancs des vallées actuelles*. A ce moment d'ailleurs, à la notion des moraines proprement dites commençait à se joindre, et cela, grâce surtout à M. Penck, la considération des *cailloutis fluvio-glaciaires*, dont il convient maintenant de dire un mot, car elle a introduit des facilités particulières dans l'étude d'un problème dont à eux seuls les dépôts morainiques n'auraient pas suffi à fournir la solution, à cause de la facilité avec laquelle leurs éléments s'oblitèrent dans le cours des temps.

Lorsque le climat d'une région montagneuse est assez stable pour que les glaciers du massif ne subissent pas de variations notables, l'extrémité libre de chacun d'eux s'arrête à une certaine position moyenne, de part et d'autre de laquelle elle n'exécute que de faibles oscillations. Or la glace ne cesse de charrier des matériaux, amenés à sa surface par les avalanches, et qu'elle transporte lentement, soit sur ses bords et à sa surface, sous forme de *moraines latérales* et *médianes*, soit sur son fond, à titre de *boue morainique* et de *graviers sous-glaciaires*.

Arrivés à la fin de leur course, tous ces matériaux

(1) Aujourd'hui transféré à l'Université de Berlin, où il a recueilli la succession du baron de Richthofen.

(2) *Die Vergletscherung der deutschen Alpen.*

tombent en avant du glacier, et construisent une *moraine terminale* ou *frontale*, qui entoure en arc de cercle l'extrémité libre du lobe de glace, et fait face à l'aval par un talus, dont l'inclinaison est celle que la pesanteur assigne à un mélange de boue et de blocs de diverses grosseurs. A chaque instant, une portion de ce talus s'éboule, sous le poids de quelque grosse pierre ou sous l'action de la pluie. En même temps, la fusion de la glace engendre des ruisseaux qui sillonnent le talus et en accroissent l'instabilité. Avant de parvenir au torrent, qui constituera l'émissaire unique du glacier, chacun de ces ruisseaux entraîne, pour les déposer un peu plus bas, quelques-uns des matériaux de la moraine, la boue d'abord, les pierres ensuite. Tout cela donne naissance à des *cailloutis*, dont l'allure s'approche de plus en plus de celle des *alluvions* torrentielles, à mesure qu'on s'éloigne de la moraine qui en a fourni les éléments. Ceux-ci, d'abord anguleux et dispersés sans ordre dans une boue glaciaire, s'arrondissent et se classent peu à peu selon leur grosseur, perdant leurs rayures et finissant par se stratifier régulièrement.

Ainsi l'appareil terminal d'un glacier stationnaire est un amas plus ou moins large, en forme de demi-cercle, tournant sa convexité vers l'aval, et passant insensiblement de l'état de moraine franche à celui d'alluvion torrentielle. A son contact avec la glace, le mélange des éléments est tout à fait confus, et comme chaque oscillation secondaire du glacier amène sa charge de matériaux, tantôt en un point, tantôt à droite ou à gauche de l'amas déjà constitué, tous ces apports successifs donnent, à la surface de la moraine frontale, l'aspect chaotique qui caractérise le paysage morainique. C'est un enchevêtrement capricieux d'éminences de hauteurs inégales, interceptant entre elles des espaces où l'écoulement de l'eau ne peut plus se faire, et qui, au début, abritent autant de mares ou d'étangs.

Mais, quand on descend, tout se régularise, la surface

cesse d'être indécise, et la vraie moraine fait place à un *cailloutis fluvio-glaciaire*. C'est ce que les Allemands ont coutume de désigner sous le nom de *Schotter*.

Maintenant, que le climat vienne à changer, en s'adoucissant, assez vite pour que la retraite du lobe de glace soit rapide, il restera, dans la vallée que celle-ci occupait, d'abord une dépression en amont, à l'endroit où stationnait la glace ; et cette dépression aura toutes chances de se transformer en un lac, le poids du lobe de glace stationnaire ayant dû, à la longue, entraîner un certain approfondissement. Ensuite on observera, dominant cette cuvette, un amphithéâtre franchement morainique, concave du côté de la dépression, et passant insensiblement, dans la direction opposée, à un cailloutis fluvio-glaciaire. Ce cailloutis aura un développement d'autant plus grand en longueur, que la moraine d'où il dérive était elle-même plus considérable ; et les oscillations secondaires que subissait l'extrémité libre de la glace se traduiront par une véritable indentation de la moraine franche dans des cailloutis mixtes, le dépôt morainique débordant ceux-ci dans les périodes de crue, et se laissant envahir par eux dans les phases de décrue.

Il n'est donc plus nécessaire, pour affirmer la présence d'un ancien glacier, de retrouver une vraie moraine, exclusivement composée de blocs anguleux dans une boue sans stratification. La preuve en sera tout aussi bien fournie par un cailloutis fluvio-glaciaire, qu'un œil exercé saura toujours distinguer d'une alluvion exclusivement formée dans l'eau courante. C'est par l'étude méthodique des cailloutis que M. Penck était arrivé à distinguer trois phases glaciaires dans les Alpes allemandes, et, dans la même année 1883, il montrait que ces trois phases pouvaient également être discernées dans la région sous-pyrénéenne.

Mais ce n'était là qu'un premier aperçu, qu'une nouvelle étude de détail allait encore compliquer. En 1887,

la section de Breslau de l'Association des alpinistes allemands et autrichiens avait mis au concours l'étude des anciens dépôts glaciaires dans les Alpes autrichiennes. M. Penck était tout indiqué pour cette tâche, à laquelle s'associa d'abord M. von Böhm. Ensuite le savant professeur de Vienne, encouragé par la société de Breslau, qui promettait son concours pour la publication des résultats, résolut d'étendre l'exploration au massif alpin tout entier, en s'assurant, pour la Suisse, la coopération de M. le professeur Ed. Brückner, de l'Université de Berne (1).

Il ne s'agissait plus cette fois d'un coup d'œil d'ensemble, destiné à fixer les grands traits du phénomène, mais bien d'une minutieuse enquête, en vue de définir, en chaque point de l'avant-pays alpin, ce qui pouvait revenir en propre à chacune des grandes extensions. La surface à étudier était considérable, les cailloutis fluvio-glaciaires de la principale invasion pouvant être suivis depuis le cœur de la chaîne jusqu'aux approches mêmes du Danube, dans la région d'Ulm.

Au cours de ses explorations, M. Penck fut surpris de l'allure singulière que semblaient affecter les cailloutis plus anciens aux alentours du Lac de Constance. Partout ailleurs, il les avait vus former sur les plateaux une nappe, doucement et régulièrement inclinée vers le nord. Le morcellement que leur infligeaient les vallées actuelles, découpées dans leur masse, n'empêchait pas de raccorder entre eux les divers lambeaux, et d'y suivre sans trouble les étapes de cette descente progressive vers le Danube.

Or, les environs du Lac de Constance semblaient donner à cette régularité d'allures un démenti formel. Les lambeaux reconnus offraient, les uns par rapport aux autres, d'inexplicables différences d'altitude. En cherchant à les raccorder, on trouvait que parfois le plongement

(1) Depuis lors, M. Brückner a accepté la chaire de Géographie à l'Université de Halle sur Saale, qu'il a récemment quittée pour celle de Vienne.

paraissait se faire en sens inverse, c'est-à-dire vers les Alpes. Un moment M. Penck se demanda si, postérieurement à la formation de la nappe caillouteuse, il ne s'était pas produit, à titre de dernier écho du soulèvement alpin, une déformation qui eût entraîné des ondulations dans cette nappe. Mais des mesures de précision firent écarter cette hypothèse, en montrant qu'il eût fallu imaginer tout un ensemble de dislocations capricieuses, le plongement, absolument irrégulier, paraissant se faire, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre quelconque.

Enfin, au commencement de 1898, la lumière vint éclairer ce chaos. Un jour, dans une excursion heureusement combinée, M. Penck vit nettement devant lui *deux nappes de cailloutis*, occupant des altitudes différentes, et dont chacune se reliait visiblement vers l'amont à un dépôt dont l'origine fluvio-glaciaire ne pouvait être méconnue. Armé de cette découverte, il s'appliqua à faire, dans toute la région, la part qui revenait à chacune des deux nappes, appuyant ses observations sur des mesures d'altitude poussées jusqu'à une approximation d'un mètre. Il eut ainsi la satisfaction de reconnaître qu'une fois ce départ effectué, toutes les irrégularités disparaissaient, chacune des deux nappes montrant, vers le nord, une inclinaison très régulière, et ses différents lambeaux se raccordant entre eux aussi bien qu'on pouvait le souhaiter.

Désormais il était permis de regarder comme prouvé qu'il s'était produit *quatre* extensions glaciaires au lieu de trois ! Bientôt les Alpes orientales, dans les régions de l'Inn, de la Salzach et de l'Enns, vérifiaient à leur tour cette conclusion, pendant qu'en Suisse M. Brückner réussissait à reconnaître les quatre extensions signalées par M. Penck.

Voici donc l'état actuel de la question, tel qu'il est résumé dans la belle publication, entreprise sous les auspices de la section des alpinistes de Breslau et qui,

commencée en 1901, en est actuellement à sa huitième livraison (1) :

Les quatre espèces de cailloutis fluvio-glaciaires du massif alpin se divisent en deux séries bien distinctes.

Ceux de la première s'observent toujours sur les plateaux qui séparent les vallées actuelles, où ils forment des lambeaux de *nappes*, d'où le nom de *deckenschotter*, c'est-à-dire *cailloutis en nappes* ou *cailloutis des plateaux*. M. Penck distingue le cailloutis supérieur ou des *hauts plateaux*, et l'inférieur ou des *bas plateaux*. Le premier, dont les moraines sont presque complètement oblitérées, est remarquable par l'altération profonde que ses éléments ont subie. Les matériaux granitiques y sont entièrement décomposés. Ce cailloutis s'est étalé sur une *pénéplaine*, c'est-à-dire sur un avant-pays alpin déjà presque complètement aplani par l'érosion, mais dont la topographie a été depuis lors profondément modifiée, tant par l'étalement des nappes que par les vallées qui ont été creusées dans leur masse.

Le type du cailloutis supérieur a été choisi par M. Penck sur le plateau que traverse la rivière Günz, affluent qui aboutit au Danube entre Ulm et Augsbourg. L'invasion glaciaire à laquelle correspond cette nappe est donc l'*époque du Günz* ou le *Günzien*.

Le cailloutis inférieur, en lambeaux de nappes sur de bas plateaux, découpés dans les précédents, et moins altéré dans ses éléments, a son type sur le pays traversé par la rivière Mindel, qui aboutit au Rhin un peu en aval du Günz. L'invasion correspondante est celle de l'*époque du Mindel* ou *Mindélien*.

Les cailloutis de la seconde série se distinguent des précédents par un caractère essentiel. Ce n'est jamais sur des plateaux qu'on les trouve étalés. Ils s'observent *sous*

(1) Penck et Brückner, *Die Alpen im Eiszeitalter*, Leipzig, Tauchnitz. Voir aussi Penck, ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, 1905, p. 79.

la forme de terrasses, aux flancs des vallées actuelles. Ce sont des *cailloutis de terrasses*, ou *terrassenschotter*, par opposition avec les *cailloutis de nappes* ou *deckenschotter*. Quand ils se sont déposés, ces derniers étaient déjà entaillés par les rivières, qui devaient s'approfondir de plus en plus dans leur masse. D'autre part, il est toujours facile de retrouver les moraines auxquelles se rattachent les dépôts en question.

De ces dépôts des terrasses, les plus anciens, ou cailloutis des *hautes terrasses*, apparaissent ordinairement à 90 ou 100 mètres au-dessus du lit actuel des rivières correspondantes. Leur type a été choisi aux flancs de la vallée du *Riss*, affluent de l'Isar. Ils correspondent à l'*époque glaciaire du Riss* ou *Rissien*.

Enfin les cailloutis des *basses terrasses*, entaillés dans les précédents, et situés à 30 ou 35 mètres au-dessus des cours d'eau du temps présent, sont bien caractérisés dans la vallée du *Würm*, rivière qui, après avoir traversé le lac de ce nom, vient se perdre, un peu au nord de Munich, dans des marécages alimentant à la fois l'Isar et l'Amper. Ils accusent la quatrième et dernière invasion glaciaire, celle de l'*époque du Würm* ou *Würmien*.

Nous avons dit que les moraines du Günzien (celles du *deckenschotter* ancien) sont presque entièrement méconnaissables, tant l'action prolongée des agents météoriques en a modifié la composition. En revanche, on arrive à reconstituer les moraines du mindélien, et mieux encore celles des époques suivantes. On constate alors que les invasions du mindélien et du rissien se sont avancées plus loin que celle du würmien. Elles correspondent aux moraines *externes* de l'ancienne classification, tandis que seuls les dépôts du würmien représentent les moraines *internes*.

Il est des points où l'on peut encore reconnaître la présence simultanée des quatre cailloutis. Tel est le cas dans la vallée du Rhin, entre Schaffouse et Bâle, à Brugg,

où ils s'échelonnent entre 305 et 500 mètres d'altitude, tandis qu'à Rheinfelden il n'y a pas entre eux plus de 20 à 30 mètres de différence de niveau.

Un trait caractéristique des cailloutis des trois premières invasions est que tous peuvent être recouverts par le dépôt limoneux jaunâtre connu sous le nom de *loess*, et qui, calcarifère à la base, est décalcifié et transformé dans le haut en *limon* brun. Cette boue, de formation subaérienne, est interglaciaire, et si elle a pu se former dans les intervalles des diverses invasions, c'est surtout entre la troisième et la quatrième qu'elle paraît s'être développée. Il est certains dépôts de loess qu'on voit nettement passer sous les moraines de l'extension würmienne.

La dernière progression glaciaire, celle du würmien, a laissé des traces si nettes que, non content de reconstituer ses moraines extrêmes, on peut entreprendre de démêler les oscillations successives du front des glaces durant cette période. M. Penck a reconnu quatre *stades* principaux de progression, qu'il a désignés, en commençant par les plus anciens, sous les noms de Achen, Bühl, Gshnitz et Daun. Il s'est assuré de la position que devait occuper, durant chacun de ces stades, la limite des neiges persistantes. Alors qu'en moyenne, pour les précédentes invasions, cette limite était descendue entre 1200 et 1300 mètres au-dessous de sa position actuelle, la descente n'eût été que de 900 mètres pour le stade de Bühl, de 600 pour celui de Gschnitz, enfin de 300 à 400 pour celui de Daun. Ainsi, c'est par étapes que la retraite définitive des glaces se serait produite.

Dans l'intervalle des invasions glaciaires, non seulement la limite des neiges revenait à son altitude normale, mais parfois il lui arrivait de la dépasser sensiblement. Ainsi, entre le rissien et le würmien, il s'est formé à Hötting en Tyrol, par 1150 mètres d'altitude, une brèche d'origine subaérienne, contenant des restes végétaux où figurent, à côté de plantes vivant encore dans la contrée, *Rhodo-*

dendron ponticum et *Buxus sempervirens*. Ces dernières formes sont nettement méridionales, et il s'y associe un *Rhamnus* très voisin d'une espèce connue aux Canaries. Au Caucase, la limite supérieure atteinte par *Rhododendron ponticum* jouit d'une température moyenne de 7°C., supérieure de 2 degrés à celle qui prévaut aujourd'hui à Hötting, et la limite des neiges s'y tient à 3000 mètres, soit à 400 mètres plus haut que de nos jours aux environs d'Innsbruck. Donc, à l'époque où se formait cette brèche, les glaciers alpins ne pouvaient manquer d'être plus petits qu'aujourd'hui.

Mais ici peut-être on demandera de quelle manière il est possible de reconstituer, pour une époque donnée, la position de la limite des neiges. Voici comment M. Brückner répond à cette question (1) :

Si, dans un massif, on parvient à reconnaître, par la recherche attentive des traces de moraines, ceux des plus hauts sommets qui ont dû porter de petits glaciers, la hauteur de ces sommets fixera une limite supérieure pour l'altitude des neiges persistantes, qui, évidemment s'élevait au moins jusque-là. A côté de cela, la hauteur de ceux des sommets voisins qui, malgré une configuration propice à l'accumulation des glaces, ne laissent pas voir de traces de glaciers, assigne à la ligne des neiges une limite inférieure, puisqu'on peut affirmer que les neiges perpétuelles ne descendaient pas aussi bas. Entre les deux valeurs doit se trouver l'altitude cherchée.

Conjointement avec cette méthode qui, préconisée par J. Partsch, donne d'excellents résultats, une autre a été proposée par M. Kurowski. Elle consiste à utiliser ce fait d'expérience, que l'*altitude moyenne de la surface* d'un grand glacier est justement égale à celle de la limite des neiges pour la région. Par altitude moyenne, il faut entendre le résultat de l'intégration de toutes les altitudes

(1) HETTNER'S GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT, 1904, p. 570.

élémentaires, évaluées depuis le front de la glace, reconnaissable à ses moraines terminales, jusqu'à la région des névés, où cessent les moraines latérales. M. Brückner affirme que, par cette méthode, on obtient une approximation à cinquante mètres près.

Avant de quitter le sujet de la limite des neiges, ayons soin d'enregistrer encore une très importante remarque de M. Brückner. On sait combien l'extension glaciaire a été considérable en Suisse lors de la principale invasion, ainsi que le démontre la restitution des contours de l'ancien glacier du Rhône. Rien de semblable ne s'étant produit dans les Alpes orientales, on a cherché à expliquer cette différence en admettant que, par suite de la plus grande proximité de la mer, source des vents humides du sud-ouest, la limite des neiges devait, en raison d'une alimentation plus abondante, descendre à l'ouest du massif plus bas qu'à l'est.

Mais M. Brückner croit que la cause de cette particularité doit être cherchée dans l'obstacle que le relief du Jura opposait à l'extension de la glace. Si celle-ci n'avait pas rencontré la chaîne jurassienne, en descendant des massifs de l'Aar et du Mont Blanc, elle se serait étalée en lobes étendus, sur lesquels l'ablation se fût exercée de façon normale et en eût entravé le progrès. Forcée de s'accumuler contre la barrière montagneuse, au point d'atteindre devant elle une épaisseur parfois supérieure à un millier de mètres, avant de trouver une issue à l'ouest par certains cols du Jura, la glace a gonflé de telle sorte, qu'en beaucoup de points sa surface libre en est arrivée à dépasser la limite des neiges. De la sorte, un état de congélation permanente s'est établi au-dessus des points où, sans cet amoncellement, l'ablation aurait empêché l'augmentation d'épaisseur du lobe glaciaire.

Ainsi, à partir du moment où son extension lui a fait atteindre le pied du Jura, le glacier du Rhône a dû devenir, pour le climat de la région, un facteur prépondérant,

agissant de manière à y opérer un relèvement progressif de la limite des neiges.

De cette façon, tandis que, dans les Alpes orientales, le glacier de la Salzach, libre de se développer sans obstacles, n'a couvert, lors du rissien, que 5 °/₀ de plus que la surface qui devait être occupée plus tard par l'invasion würmienne, la différence de superficie, entre les deux invasions, atteint en Suisse 30 °/₀ au profit de la première. Et pourtant, de l'une à l'autre, et pour les deux territoires, la même différence s'est maintenue entre les altitudes respectives de la limite des neiges ; c'est-à-dire que, dans les Alpes orientales comme en Suisse, à l'époque du rissien, cette limite descendait à 100 ou 150 mètres plus bas que plus tard, lors du würmien.

Mais revenons maintenant à la succession des phases de l'époque glaciaire. Ce n'est pas tout de l'avoir établie avec une précision dont l'exemple n'avait pas encore été donné. Un autre devoir s'imposait à M. Penck, celui de dater ces alternatives en définissant leur concordance avec les divisions chronologiques des temps quaternaires, pendant lesquels elles se sont déroulées.

On sait que la chronologie quaternaire repose sur l'emploi combiné de l'argument archéologique, déduit de l'étude des produits de l'industrie humaine, et de l'argument paléontologique, fondé sur les variations de la faune, spécialement des grands herbivores, durant le même temps.

A ce point de vue, on a coutume de distinguer, au début, une époque *chelléenne* (1), où les silex, très roulés et grossièrement taillés en forme de *coup de poing* amygdaloïde, sont accompagnés par les restes de l'*éléphant antique* et du *Rhinoceros Mercki*, espèces qui, jointes aux coquilles caractéristiques de cette phase, entre autres la *Corbicula fluminalis*, indiquent un climat plus chaud que

(1) De Chelles-sur-Marne.

le climat actuel ; d'où le nom de *faune chaude*, donné à cet assemblage d'animaux.

Dans l'époque suivante ou *acheuléenne* (1), le coup de poing est plus régulièrement taillé, plus petit, sensiblement moins roulé, et avec lui commencent à se montrer les formes dites *pointe à main* et *râcloir*, lesquelles deviendront plus fréquentes avec l'époque *moustérienne* (2). La faune acheuléenne est plus froide, comprenant des animaux à toison, tels que le *mammouth (Elephas primigenius)* et le *Rhinoceros tichorhinus*. Ceux-ci persistent dans la phase moustérienne, où se montre déjà le *renne (Rangifer tarandus)*, en même temps que les outils de silex prennent des formes de plus en plus lancéolées (3).

Un perfectionnement de la taille des silex, en forme de feuilles de laurier, caractérise le *solutréen* (4), dont la base, abondante en restes de chevaux et en rongeurs de steppes, ne contient pas encore les pointes de flèches et les têtes de lances de la partie supérieure. Alors apparaît le *magdalénien* (5) typique, époque des dépôts des cavernes, avec ossements de *renne* et instruments d'os ou d'ivoire portant des gravures et des sculptures ; après quoi l'humidité revient, rendant la prédominance au *cerf*.

Là finit le *paléolithique*. Les dépôts qui viendront après appartiendront au *néolithique* ou âge de la *pierre polie*, précédant immédiatement l'époque actuelle.

Cette classification étant admise, le procédé à employer, pour dater les cailloutis glaciaires, paraît très simple en principe. Il s'agit de rechercher les stations paléolithiques situées dans le voisinage du massif alpin, et d'établir leurs rapports de juxtaposition ou de superposition avec les divers cailloutis. Par exemple, si un cailloutis d'âge ris-

(1) De Saint-Acheul près d'Amiens.
(2) De l'abri-sous-roche du Moustier (Dordogne).
(3) Obermaier, ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, 1906, p. 306.
(4) De Solutré en Dordogne.
(5) De La Madelaine en Périgord.

sien bien déterminé supportait un gisement paléolithique d'âge acheuléen, c'est que l'époque acheuléenne serait postérieure à l'invasion rissienne. De même une station dont la surface se montrerait ravinée par un cailloutis würmien serait évidemment préwürmienne.

Malheureusement les stations paléolithiques du pourtour des Alpes appartiennent presque toutes aux diverses phases de l'époque magdalénienne, et, parmi celles qu'on voit en relation avec des cailloutis définis, il en est très peu de plus anciennes. Une seule a paru à M. Penck susceptible de fournir une indication décisive. Encore est-elle fort loin des Alpes ; c'est la station de Villefranche-sur-Saône, un peu en amont de Lyon et en aval de Solutré. Là s'observe, à une dizaine de mètres au-dessus de la rivière, une terrasse d'alluvions recouverte de loess, et où l'on trouve, en même temps que des outils de type moustérien franc, un assez curieux assemblage d'ossements, offrant l'association de l'éléphant antique, même de l'éléphant méridional, avec le mammouth, le rhinocéros à narines cloisonnées et enfin le renne.

La terrasse de Villefranche, étant recouverte de loess, ne pouvait être qu'interglaciaire, et antérieure au würmien. Seulement quelle faune devait la caractériser ? Évidemment il y avait remaniement et mélange d'éléments d'âges différents. Mais lesquels devaient être considérés comme contemporains du dépôt ?

Plusieurs observateurs faisaient remarquer qu'à Villefranche les débris de la faune chaude étaient caractérisés par leur état fragmentaire et roulé, leur couleur brune et leur densité plus forte, attestant une fossilisation plus profonde. C'était donc aux dépens d'un dépôt contenant ces débris que le remaniement avait dû s'opérer, à une époque sensiblement plus tardive que celle de l'éléphant antique. Au contraire, les outils moustériens étaient à peine roulés, offrant des arêtes vives, et les restes d'ani-

maux de la faune froide (mammouth, rhinocéros à peau laineuse) ne montraient pas de traces d'usure.

Cependant M. Penck se rangea du côté des partisans de l'hypothèse adverse et, regardant les restes de l'éléphant antique comme la preuve d'un retour de la faune chaude avant le début du würmien, il admit que, dans le dépôt, les outils et les fossiles moustériens existaient à l'état remanié. Le moustérien en place se trouvait ainsi reporté dans la phase interglaciaire intermédiaire entre le rissien et le mindélien. Il en caractérisait la fin, le début, plus chaud, de la même phase interglaciaire, correspondant au chelléen. La phase de Villefranche elle-même aurait été suivie par la phase froide du solutréen inférieur, précédant l'invasion würmienne, contemporaine du solutréen supérieur, le magdalénien venant à son tour s'enchevêtrer parmi les oscillations du würmien.

D'après cette solution, l'humanité préhistorique et paléolithique aurait assisté successivement : 1° à la période interglaciaire du chelléen ; 2° à l'invasion rissienne du moustérien ; 3° à la période interglaciaire de Villefranche ; 4° à l'invasion glaciaire du würmien. Comme de telles vicissitudes impliquent, selon toute vraisemblance, un nombre d'années considérable, il en résultait que la civilisation chelléenne devait remonter à une très haute antiquité.

Tel était l'état des choses quand, durant l'été de 1905, un élève distingué de M. Penck, M. Hugo Obermaier, entreprit l'étude des cailloutis de la région arrosée par la Garonne et l'Ariège. Déjà, en 1883, M. Penck avait visité la contrée, où jusqu'alors on ne connaissait qu'une seule extension glaciaire ; et le savant viennois avait montré que, tout comme dans les Alpes, il était possible d'en distinguer trois. A son tour, éclairé par l'expérience acquise dans le massif alpin, M. Obermaier (1) vient de

(1) ARCHIV FÜR ANTHROPOLOGIE, 1906, p. 299.

montrer que les quatre invasions pouvaient être reconnues dans la région sous-pyrénéenne, et qu'à ce point de vue il y avait identité entre les deux massifs.

De ces extensions, une seule, la dernière, a laissé une ligne bien reconnaissable de moraines, jouant un rôle tout à fait semblable à celui des moraines *internes* dans les Alpes. Ce sont, par exemple, les placages morainiques observés contre les rochers striés de Lourdes. Les autres invasions ne sont plus représentées que par des cailloutis. Le plus ancien, correspondant au premier *deckenschotter*, s'observe à environ 150 mètres au-dessus des vallées. Il mérite le nom de *gravier des plateaux*. Une très bonne représentation de cette nappe se trouve dans les *alluvions anciennes* du plateau de Lannemezan, si profondément altérées, par une longue exposition à l'air, que les anciens cailloux du dépôt, devenu argileux, ne se distinguent plus que sur les cassures fraîches, grâce à une différence de couleur qui dessine leur forme extérieure. M. Boule, à qui revient le mérite d'avoir très bien discerné le caractère et l'origine de ces alluvions, avait établi du même coup que leur dépôt, antérieur à l'époque de l'éléphant antique, était d'autre part postérieur au miocène supérieur.

Le second cailloutis est assez difficile à suivre ; car il est réduit à l'état de terrasse, dominant de 100 mètres le lit de la Garonne actuelle. A la Bastide-Clermont, cette *haute terrasse* a 5 kilomètres de largeur. La troisième ou *moyenne terrasse* apparaît à 55 mètres au-dessus de la Garonne et sa largeur est à Leguevin de 12 kilomètres. Enfin la quatrième ou *basse terrasse* accompagne, vers 15 mètres de hauteur, tout le cours de la rivière entre Cazères et Toulouse. La liaison de cette dernière terrasse avec les moraines d'où elle dérive a été bien mise en lumière en 1894 par M. Boule.

Cela posé, tandis que les dépôts paléolithiques sont très rares à proximité des cailloutis alpins, les stations

de cet âge sont nombreuses dans le bassin de la Garonne, où elles ont fait l'objet de fouilles, de collections et de descriptions classiques, auxquelles M. Obermaier a pu facilement se reporter. De cette comparaison méthodique sont sorties les conclusions suivantes (1) :

Dans les gisements paléolithiques de la vallée de la Garonne, les outils sont en quartzite, ce qui explique leur taille plus grossière, qui leur donne une apparence plus ancienne. Ces gisements appartiennent à l'acheuléen, très peu séparé d'ailleurs du moustérien. Ils sont situés dans ou sur la moyenne terrasse et ont dû se déposer lors de la phase terminale ou froide de la dernière époque interglaciaire, tandis que l'industrie franchement moustérienne, trouvée dans les grottes de Bize et de Minerve, correspondrait à l'invasion glaciaire du würmien. D'ailleurs le moustérien typique ferait complètement défaut sur le territoire arrosé par la Garonne et l'Ariège, tandis qu'on le retrouve, soit à l'ouest (par exemple à Pouy dans les Landes), soit à l'est dans l'Aude.

L'importance de ces conclusions ne saurait être méconnue ; car il ne s'agit plus là d'hypothèses ni de rapprochements douteux. Pour la première fois (puisque le gisement de Villefranche est susceptible d'interprétations si discordantes) que des stations paléolithiques ont pu être exactement datées par des caractères *géologiques*, ces constatations font ressortir l'âge *ante-würmien* des gisements acheuléens. Ces gisements, caractérisés, en outre des outils d'industrie humaine, par le mammouth, le rhinocéros à peau laineuse et le renne, appartiennent à l'époque où se déposait le loess, dont la formation a terminé la dernière phase interglaciaire.

Quant aux stations paléolithiques de la région toulousaine, qui reposent directement sur le terrain miocène, comme celle de l'Infernet, où les outils continuent à être

(1) Une obligeante communication de l'auteur nous a permis d'avoir connaissance de la seconde partie de son travail avant sa publication définitive.

franchement acheuléens, elles se trouvent à une si petite hauteur au-dessus des cours d'eau actuels, qu'on ne peut les attribuer raisonnablement qu'à l'une des phases terminales du quaternaire (1).

Reste la question des gisements paléolithiques plus récents que l'acheuléen. La partie du travail de M. Obermaier qui les concerne n'est pas encore publiée (2) ; mais l'auteur a bien voulu nous faire connaître ses conclusions, en nous autorisant pleinement à en faire usage.

Pour lui, le moustérien franc correspond à la dernière extension glaciaire (würmienne). A cette extension aurait succédé une première période *postglaciaire*, à laquelle répondent les gisements solutréens. Ensuite aurait apparu l'industrie magdalénienne, laquelle, ainsi qu'on l'a bien souvent remarqué, accuse, non pas le climat humide et froid qui aurait été nécessaire pour déterminer une progression des glaciers, mais un climat froid et *sec*, qui devait contraindre l'homme à se réfugier dans les cavernes, en favorisant le développement du renne et des petits rongeurs de steppes, jusqu'au retour de l'humidité.

Il faut le reconnaître : ces nouvelles assimilations, fondées sur des faits précis, vont déranger beaucoup d'idées trop facilement admises jusqu'ici. Bien que certains gisements, comme ceux de la Somme et de la Marne, nous montrent le chelléen et l'acheuléen en contact immédiat, on avait mis une complaisance excessive à accepter la séparation absolue de ces deux époques, jusqu'à en faire les représentants de deux phases interglaciaires différentes, séparées l'une de l'autre par l'énorme intervalle de temps nécessaire à l'accomplissement de l'invasion rissienne. Pourtant, à plus d'une reprise, dans des gisements non remaniés, l'éléphant antique et le mammouth se sont trouvés ensemble, ce qui prouve qu'il n'y a pas d'abîme

(1) Obermaier, *loc. cit.*, p. 310.

(2) Cette publication a eu lieu entre la rédaction et la correction du présent article.

entre la faune chaude et la faune froide. En outre, les outils acheuléens ne diffèrent pas assez de ceux du chelléen pour qu'il soit vraiment à propos d'intercaler, entre ces deux industries, la longue interruption qui correspondrait à la durée d'une invasion glaciaire ; surtout d'une invasion aussi importante que celle du rissien, la plus considérable de toutes.

Combien est plus simple la solution de M. Obermaier, faisant du chelléen et de l'acheuléen deux épisodes immédiatement successifs, l'un chaud, et l'autre froid, de la dernière phase interglaciaire ! Après cela le moustérien franc, avec ses instruments d'ordinaire si profondément patinés, comme s'ils avaient subi de nombreuses alternatives de gelée et de dégel, trahirait l'invasion würmienne, à laquelle aurait succédé, mettant fin au progrès des glaces, la phase des steppes du solutréen, suivie par le régime sec et froid du magdalénien. C'est alors que se serait produit un retour d'humidité, caractérisé par les dépôts du Mas d'Azil (Ariège), avec lesquels finit l'âge *paléolithique*.

Si l'on songe que, dans ces derniers temps, il ne manquait pas d'auteurs pour tenter d'évaluer, en centaines de mille années, le temps qui avait dû être nécessaire pour le développement de chacune des diverses industries paléolithiques (1), en les supposant séparées par de longues interruptions glaciaires, on appréciera toute la valeur de l'avertissement donné, par les observations de M. Obermaier, à certains préhistoriens trop pressés de conclure d'après des faits insuffisamment démontrés. Pour l'instant, il demeure infiniment probable que, si l'on met à part le prétendu homme *éolithique*, dont la fortune momentanée semble aujourd'hui fort compromise, l'humanité préhistorique n'a vu sa carrière traversée que par une seule

(1) Une brochure a été récemment publiée sous le titre : *Douze cent mille ans d'humanité.*

invasion glaciaire, accomplie à l'époque où le *coup de poing* classique commençait à se lancéoler, et où le renne se préparait à supplanter définitivement le mammouth sur notre sol. Sans doute cette invasion ne s'est pas accomplie en un jour, et a dû exiger un nombre assez considérable d'années, qu'il faut ajouter, pour connaître l'âge de la première apparition de l'homme, d'abord à la durée des industries chelléenne et acheuléenne, ensuite aux quelques milliers d'années qui ont pu s'écouler depuis la dernière retraite des glaces jusqu'à nos jours. Mais il y a loin, sans doute, de ce total, encore inconnu pour l'instant, aux chiffres fantastiques qu'on s'était plu à énoncer.

En tout cas il est intéressant de constater qu'au lieu de reculer nos premières origines dans un passé de plus en plus lointain, l'habile et consciencieuse étude de M. Obermaier apporte des arguments considérables en faveur d'une notable réduction des évaluations précédemment admises.

A. de Lapparent.

LE

PROBLÈME DE L'ALIMENTATION

PHYSIOLOGIE ET PRATIQUE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES

Dans les maladies chroniques, les prescriptions d'hygiène et de diététique ont une importance au moins égale à celle des prescriptions médicamenteuses. « Le régime et le repos contribuent souvent autant et plus que les drogues médicinales à rendre la santé aux malades » (1). Le médecin ne saurait donc entrer dans trop de détails pour tout ce qui touche à l'alimentation de ses malades, et ceux-ci d'ailleurs lui seront reconnaissants de régler minutieusement un régime, à la condition que ce régime ne soit pas trop difficile à suivre.

Ce n'est pas seulement par les malades atteints de quelque affection chronique qu'il y a grand intérêt à faire observer une bonne hygiène alimentaire ; c'est aussi par les individus sains qui commettent chaque jour trop de fautes contre cette hygiène. La médecine tend aujourd'hui à prévenir plus qu'à guérir, et, comme le dit fort bien le professeur Landouzy, nous devons « nous montrer curateurs à la santé, éducateurs en santé, enseignant, par l'hygiène alimentaire mise à la portée de tous, comment chacun doit mieux manger pour mieux vivre » (2).

(1) Gautier, *L'alimentation et les régimes chez l'homme sain et chez les malades.*

(2) H. Landouzy et M. Labbé, *Enquête sur l'alimentation d'une centaine d'ouvriers et d'employés parisiens.* Paris, Masson, 1905.

Pour arriver à ce but de vulgariser l'hygiène alimentaire, nous ne manquons pas de documents, et l'on peut dire que toute l'étude théorique et chimique de l'alimentation a été suffisamment faite. Malheureusement, ce qui est plus difficile, c'est de ramener à des formules simples, faciles à comprendre et à retenir, les résultats fournis par tant de remarquables travaux, c'est en un mot de passer de la théorie à la pratique de l'hygiène alimentaire.

La nécessité du régime alimentaire est admise par tous. Le jour n'est pas éloigné où les médecins formuleront le régime alimentaire, comme ils formulent les prescriptions pharmaceutiques. Mais la formule est incomplète si elle n'est pas accompagnée des directions nécessaires. En d'autres termes, après avoir indiqué au malade les aliments permis et défendus, il faut le mettre à même de se conformer facilement à ce régime.

Nous étudierons d'abord les principes généraux qui doivent diriger l'alimentation de l'individu dans l'état de santé.

Nous passerons ensuite en revue quelques-uns des régimes alimentaires préconisés dans les maladies chroniques.

Ayant ainsi en main les données du problème, nous aborderons le domaine délicat de la pratique, et nous rechercherons quels sont les procédés à la fois les meilleurs et les plus simples pour suivre les régimes alimentaires.

I. PHYSIOLOGIE DE L'ALIMENTATION

Le but de l'alimentation est de contribuer à réparer les pertes de l'organisme et de produire dans les tissus de la chaleur et de l'énergie. Pour réparer les pertes de l'organisme et l'usure journalière de nos tissus, il nous faut des albumines, de la graisse, de l'eau et des sels minéraux.

Les aliments producteurs de chaleur et d'énergie sont

surtout les graisses et les hydrates de carbone ; les deux tiers environ de notre alimentation sont employés à la production de chaleur, la quantité d'énergie dont nous avons besoin varie pour chaque individu selon le travail qu'il accomplit.

Ainsi donc, nous utilisons pour notre alimentation de l'eau, des sels minéraux (chlorure de sodium, sels calcaires, potassiques, sels de fer) et trois grands groupes d'aliments : albuminoïdes, graisses, hydrates de carbone. On a calculé les différentes quantités de ces aliments qui doivent être consommées chaque jour et dans différentes circonstances : repos, travail musculaire modéré, travail de force.

Pour l'adulte au repos, M. Gautier fixe comme il suit la ration d'entretien :

Albuminoïdes . . .	110	gr.	produisant	523	calories
Graisses	70	»	»	681	»
Hydrates de carbone.	422	»	»	1781	»
			Soit au total :	2985	calories

La quantité d'albuminoïdes et de graisses peut être réduite, à la condition d'augmenter celle des hydrates de carbone, par exemple :

Albuminoïdes . . .	78	gr.	produisant	328	calories
Graisses	50	»	»	465	»
Hydrates de carbone.	488	»	»	2007	»
			Soit au total :	2800	calories

Pour un homme adulte, fournissant un travail moyen, Voit est arrivé aux chiffres suivants :

Albuminoïdes . . .	118	gr.	produisant	561	calories
Graisses	56	»	»	544	»
Hydrates de carbone.	500	»	»	2110	»
			Soit au total :	3215	calories

D'après Munk et Ewald, la quantité d'albumine indiquée par Voit est trop considérable, et 100 à 110 grammes sont suffisants.

Enfin, l'homme adulte soumis à un travail pénible doit consommer chaque jour, d'après Gautier :

Albuminoïdes . . .	167 gr.	produisant	691	calories
Graisses	71 »	»	666	»
Hydrates de carbone.	692 »	»	2837	»
		Soit au total :	4194	calories

Tous ces chiffres n'ont naturellement qu'une valeur très relative ; ils ont été calculés d'après des moyennes d'alimentation d'un grand nombre d'individus ; ils ne peuvent servir que de point de repère.

Landouzy et Labbé indiquent dans le tableau suivant le besoin de l'organisme en calories :

	Par kilogramme corporel.
Pour un sujet à existence sédentaire . .	35 calories.
Pour un sujet effectuant un travail musculaire modéré	40 »
Pour un sujet effectuant un travail de force	48 »

Ainsi un homme du poids de 60 kilogrammes, effectuant un travail musculaire modéré, aura besoin de $60 \times 40 = 2400$ calories. On voit que les chiffres ainsi obtenus sont inférieurs à ceux que fournissent les tableaux de Gautier, de Voit, de Munk et Ewald.

Ces tableaux nous montrent que la quantité de calories dégagées par un aliment dans l'organisme est très variable suivant la nature de cet aliment, et cette notion est fondamentale en hygiène alimentaire. On peut admettre avec Atwater que :

1 gr. d'albumine dégage	3 cal. 68
1 gr. de graisse dégage	8 cal. 65
1 gr. d'hydrate de carbone dégage	3 cal. 88

Munk et Ewald (1) donnent des chiffres un peu plus élevés ; d'après eux :

1 gr. d'albumine dégage . . . . . 4 cal. 1
1 gr. de graisse dégage. . . . . 9 cal. 3
1 gr. d'hydrate de carbone dégage . . . . 4 cal. 1

Connaissant le chiffre de calories dont nous avons chaque jour besoin et connaissant, d'autre part, la quantité de calories dégagée par un gramme de substance fondamentale (albuminoïdes, graisse, hydrate de carbone), il ne nous reste plus qu'à rappeler la composition de quelques aliments usuels et leur teneur en ces substances fondamentales, pour avoir en main toutes les données du problème de l'alimentation.

Nous avons réuni dans ce tableau la teneur de nos aliments usuels en albuminoïdes, graisses et hydrates de carbone.

	Albumine Pour 100	Graisse Pour 100	Hydrate de carbone Pour 100
Lait de vache .	4 gr.	3 à 5 gr.	3 gr. 8
OEuf de poulet .	5 gr. 7 à 6 gr. 2	3 gr. 4 à 4 gr.	
Viande de bœuf . .	20 gr. 8	1 gr. 5	
Viande de veau .	19 gr. 9	0 gr. 8	
Viande de mouton	17 gr. 1	5 gr. 8	
Jambon fumé .	25 gr.	34 gr. 05	
Volaille . .	22 gr.	1 gr.	
Saumon . .	21 gr. 6	12 gr. 72	
Haricots . .	24 gr. 30	1 gr. 6	49 gr.
Petits pois . .	22 gr. 9	1 gr. 8	52 gr. 4
Lentilles . .	25 gr. 7	1 gr. 9	53 gr. 5
Pommes de terre.	1 gr. 5	0 gr. 2	20 gr.
Riz . . .	7 gr. 5	0 gr. 6	78 gr.
Raisins mûrs .	0 gr. 6		14 gr.
Sucre . . .			99 gr. 5
Gruyère . .	29 gr. 49	29 gr. 75	
Pain . . .	6 gr. 2 à 7 gr. 1	0 gr. 2 à 0 gr. 4	51 gr. 1 à 51,5

Il résulte de la lecture de ce tableau que, parmi les aliments fortement albumineux, il faut citer le gruyère,

(1) Munk et Ewald, *Traité de diététiques*, d'après la 3e édition par Heymans et Masain. Paris, Carré et Naud, 1897.

le jambon fumé, les lentilles, haricots et petits pois, puis la viande de boucherie, tous ces aliments contenant plus de 20 p. 100 d'albumine. Les aliments gras sont le jambon fumé, le gruyère, le saumon. Enfin les aliments les plus riches en hydrates de carbone sont le sucre, le riz, les lentilles, le pain, les haricots, les pommes de terre, les raisins.

De cette constatation, nous pouvons tirer des indications précieuses pour nos régimes alimentaires. En effet, ce serait trop demander que de vouloir calculer avec précision la quantité d'aliments pouvant fournir à l'organisme le chiffre de calories qui lui sont nécessaires ; on ne saurait exiger de pesées minutieuses pour chaque ration de viande ou de légumes. Mais nous avons, tout au moins, à la seule lecture de ce tableau, la notion immédiate que les aliments qui ont nos préférences et qui paraissent le plus souvent sur nos tables ne sont pas toujours ceux qui nous peuvent fournir le maximum pour réparer nos tissus ou entretenir notre chaleur et notre énergie ; alors que d'autres aliments, au contraire, qui pourraient nous être des plus utiles, n'occupent qu'une trop petite place dans nos régimes aussi bien à l'état sain que dans les maladies chroniques.

Landouzy et Labbé, ayant étudié l'alimentation des ouvriers parisiens, ont bien montré qu'elle était « d'ordinaire irrationnelle, qualitativement ou quantitativement insuffisante, relativement dispendieuse et souvent insalubre ». Les travailleurs parisiens mangent trop de viande, pas assez de légumes, de pâtes, de féculents et de sucre ; ils boivent trop de boissons alcooliques. Les ouvrières ne mangent pas assez et font dans leurs menus, une trop large place aux crudités et aux condiments.

Ces mêmes auteurs, examinant successivement les divers types d'aliments usuels, font les remarques suivantes, qui ont une grande importance pratique sur laquelle nous ne saurions trop insister : les soupes ont un premier avan-

tage, de donner une sensation de chaleur et de bien-être qui dispose favorablement pour le reste du repas ; de plus, par les légumes, les légumineuses et le pain qu'elles renferment, elles fournissent à l'organisme beaucoup d'énergie sous une forme facilement assimilable. La viande n'est pas indispensable, c'est un aliment très coûteux, donnant relativement peu de calories ; les travailleurs et les ouvriers ont donc tout intérêt à restreindre leur consommation en viande. Par contre, les légumes secs (lentilles, haricots, pois) sont « des réservoirs considérables d'énergie et de calorique, aussi sains que peu coûteux ». De même les pâtes alimentaires, nouilles, macaronis, semoules, riz. Les gâteaux, biscuits, entremets, qui contiennent du sucre, de la farine, des œufs, du beurre ou de la graisse, ont une valeur alimentaire considérable et ne doivent pas être considérés, ainsi qu'on le fait trop volontiers, comme des friandises. Enfin le sucre est un type d'aliment énergétique et économique. Pour ce qui est des boissons, le vin peut être pris en quantité modérée ; la bière est une boisson-aliment nourrissante et peu alcoolisée. « Boire beaucoup de vin, manger beaucoup de viande sont deux grandes erreurs répandues partout et dans tous les milieux » (Landouzy).

Pour être un peu différente, les fautes contre l'hygiène alimentaire habituellement commises dans la classe aisée ou riche ne sont pas moins nombreuses. La quantité d'aliments est alors généralement trop considérable, et la surcharge alimentaire porte aussi bien sur les albuminoïdes que sur les graisses et les hydrates de carbone. De plus, on mange beaucoup trop de viande ; et Munk et Ewald conseillent de ne pas prendre plus de 75 p. 100 de la ration d'albumine dans la nourriture animale. Cette proportion est très souvent dépassée. Le Parisien mange en moyenne plus de 260 grammes de viande par jour, et ce chiffre peut être doublé pour les citadins riches et inoccupés ; M. Gautier a pu écrire : « Je ne doute pas que

la dégénérescence qu'on a remarquée dans beaucoup de familles aisées ne tienne particulièrement à l'alimentation presque exclusivement carnée. »

La qualité des aliments laisse aussi souvent à désirer, en ce sens qu'on fait abus des épices, des condiments. Il faut aussi signaler l'abus des aliments riches en toxines, tels que gibier, viandes faisandées. Enfin le mode d'ingestion et l'ordonnance des repas sont habituellement assez critiquables.

Il est d'usage, en France, de faire, outre le petit déjeuner du matin, deux grands repas auxquels s'ajoute, surtout pour les femmes et les enfants, un goûter ou collation. Cette distribution des repas est assez rationnelle. Cependant une tendance fâcheuse, surtout à Paris, est de retarder de plus en plus l'heure du dîner. Jadis, le déjeuner avait lieu vers onze heures et le dîner vers six heures. Le dîner tardif est certainement une habitude défectueuse. Souvent aussi le repas du soir est trop copieux. Munk et Ewald conseillent de prendre au repas de midi la moitié de la ration journalière, l'autre moitié étant répartie entre le petit déjeuner du matin et le repas du soir, celui-ci devant être au moins le double de celui-là.

Cette règle n'est pas observée par les commerçants, les industriels, par toutes les personnes très occupées qui font un repas rapide vers le milieu du jour et reportent au soir le repas principal.

Les gens que leurs goûts ou leurs obligations sociales forcent à de fréquents « dîners en ville » se condamnent ainsi à une hygiène déplorable. Le repas a lieu rarement avant huit heures et se termine vers dix heures. Nourriture très azotée, trop riche, trop abondante, séjour prolongé dans une atmosphère surchauffée ; retour le plus souvent en voiture, c'est-à-dire sans avoir fait le moindre exercice.

Beaucoup d'autres facteurs interviennent, qui peuvent contribuer, et dans une mesure importante, à rendre une

alimentation (supposée quantitativement la même) hygiénique ou au contraire défectueuse. Sans parler des falsifications alimentaires, notons seulement combien la préparation des aliments et l'art culinaire ont une grande importance. Des aliments bien cuits, agréablement présentés, sont beaucoup mieux digérés et par suite fournissent le maximum de rendement ; les travaux de Pawlow ont montré le rôle des excitations sensitives, gustatives et autres sur les sécrétions du tube digestif et de ses annexes !

Un repas doit schématiquement se composer d'une substance peptogène, par exemple, bouillon, hors-d'œuvre, ragoût ; d'une substance nutritive et réparative, telle que viande, poissons, œufs, féculents ; enfin d'une substance auxiliaire (légumes verts, salades, fruits) (1). La plupart de ces aliments sont cuits ; en effet, la cuisson offre plusieurs avantages : pour la viande, elle développe son arome et sa saveur ; elle hydrate les légumes, fait éclater les grains d'amidon, les transformant en dextrine et en sucres ; enfin elle aseptise les aliments. La cuisson des viandes nécessite des soins tout spéciaux : elle doit être poussée plus ou moins loin selon l'espèce de viande. En principe, les aliments doivent être pris chauds et les boissons fraîches ; un repas entièrement froid rend difficiles la liquéfaction des gélatines et des graisses et par suite leur bonne digestion.

La quantité de boisson permise à chaque repas est très variable selon les régimes institués pour les maladies chroniques ; nous aurons à revenir sur ce point. Mais pour les individus sains, on est peu d'accord sur l'influence des boissons liquides vis-à-vis des sécrétions digestives et par suite sur la quantité qu'on peut permettre sans inconvénients. On a prétendu que l'eau diminuait le titre acide du suc gastrique ; il n'en est rien, les boissons chaudes ou froides prises modérément provoquent

(1) Laumonier, *Hygiène de l'alimentation.*

et augmentent plutôt qu'elles ne diminuent la sécrétion gastrique.

Il est aussi très utile, pour établir un régime rationnel, de connaître au moins approximativement le poids moyen de quelques portions usuelles et la contenance de certaines mesures domestiques, un verre, une tasse.

Voici quelques renseignements donnés à ce sujet par M. Pascault (1) :

Une côtelette pèse 50 grammes ; un bifteck moyen, 80 à 90 grammes.

Une assiette creuse pleine jusqu'au bord contient 250 à 300 cc.

Un verre à liqueur	25 cc.
Un verre à bordeaux.	50 »
Un grand verre	150 à 200 »
Une tasse à café	100 »
Une tasse à thé	120 »
Une tasse à chocolat.	200 à 250 »
Un bol moyen.	250 à 300 »

Un médecin qui formule une ordonnance de pharmacologie s'attache toujours à prescrire des mesures domestiques : c'est ainsi qu'il n'ordonne point de prendre tel poids d'un médicament, mais une ou deux cuillerées. Il pourrait en être de même pour la formule d'un régime alimentaire. Les chiffres ci-dessus ne sont qu'approximatifs, mais ils rendent service dans la pratique, en fournissant une base pour fixer le taux d'un régime avec une exactitude relative.

II. RÉGIMES ALIMENTAIRES DANS LES MALADIES CHRONIQUES

Toutes ces notions d'hygiène alimentaire, tous ces détails sur nos aliments usuels et leur valeur, vont nous

(1) L. Pascault, *Alimentation et hygiène de l'arthritique*. Paris. 1905.

permettre de mieux apprécier les principaux régimes habituellement prescrits au cours des maladies chroniques. Ces régimes, en effet — exception faite toutefois pour l'obésité — doivent assurer au malade une alimentation suffisante pour réparer ses tissus et entretenir sa chaleur et son énergie ; mais le choix des aliments permis doit d'autre part s'inspirer des indications fournies par le fonctionnement défectueux, soit de la nutrition en général, soit du tube digestif, du foie, des reins, etc.

Il va de soi qu'un régime formulé dans une maladie ne saurait être absolu. C'est plutôt une règle générale soumise à variations dans chaque cas particulier, et que l'âge, l'état social, la constitution, les habitudes mêmes du sujet feront souvent modifier.

Obésité. — Parmi les maladies de la nutrition l'obésité est une de celles dans lesquelles le régime constitue presque toute la thérapeutique; les régimes proposés sont d'ailleurs très nombreux, et nous n'avons pas la prétention de les citer tous. Ils reposent sur les mêmes principes : ne permettre qu'une quantité d'aliments inférieure à la ration d'entretien : réduire plus ou moins la quantité des boissons.

Régime de Dancel : C'est un régime sec, avec rationnement des boissons et nourriture constituée par des aliments peu hydratés.

Régime d'Harvey-Banting : Il consiste dans la diminution des graisses et des hydrates de carbone. Les albuminoïdes sont donnés en grande quantité ; l'obèse peut boire 1 litre à 1 litre et demi de liquides.

Régime d'Ebstein : C'est un régime riche en graisses, avec réduction légère des matières albuminoïdes et diminution très considérable des hydrates de carbone (40 gr. au lieu de 400). Lyon (1) fait remarquer que ce régime

(1) Lyon, *Traité élémentaire de clinique thérapeutique.*

est irrationnel, l'ingestion de graisse supprimant l'appétit et créant une dyspepsie difficile à guérir.

Régime d'Oertel : Ce régime est basé sur la réduction des boissons. Voici les menus d'Oertel :

Le matin : 150 grammes de thé ou de café au lait ; 75 grammes de pain.

A midi : 110 à 120 grammes de viande rôtie ou bouillie ; poissons maigres, salade et légumes ; quelquefois des farineux (50 à 100 gr.) ; 100 à 200 grammes de fruits ; 25 grammes de pain. Pas de boissons ; exceptionnellement 15 à 25 centilitres de vin léger.

Au goûter : une tasse de café ou de thé.

Le soir : un ou deux œufs à la coque, 150 grammes de viande, 25 grammes de pain, fromage ou fruits, 15 à 25 centilitres de vin coupé.

A ce régime, très sévère et difficilement suivi par les malades, Oertel ajoute la cure de terrain et les exercices gradués, tels qu'il les a conseillés pour les cardiaques.

Régime de Schweninger : Il est encore plus sévère et ne peut guère être suivi que dans un établissement spécial. L'obèse y fait cinq repas par jour, mais très peu abondants, et desquels sont bannis le pain, la graisse, le sucre, le lait, le vin et la bière. Le régime est complété par des massages et des bains chauds.

Régime d'Albert Robin : Albert Robin interdit les farineux, les graisses, les sucres, et diminue beaucoup la ration du pain.

A 8 heures du matin : 1 œuf à la coque, 20 grammes de viande maigre ou de poisson, 10 grammes de pain, une tasse de thé sans sucre.

A 10 heures du matin : 2 œufs à la coque, 5 grammes de pain, 150 centimètres cubes d'eau et de vin, ou de thé sans sucre.

A midi : viande froide à volonté, salade au cresson, 50 grammes de pain au plus, fruits crus, un verre d'eau rougie, une tasse de thé.

A 4 heures du soir : thé léger sans sucre.

A 7 heures du soir : 1 œuf à la coque, 100 grammes de viande maigre ou de poisson, 10 grammes de pain, une tasse de thé.

En recherchant le rapport d'azote de l'urée à l'azote total des urines, Albert Robin distingue les obèses à nutrition exagérée avec assimilation trop active et les obèses à assimilation insuffisante ; aux premiers, il restreint la quantité de liquide permise, tandis qu'aux seconds il conseille d'absorber une grande quantité de liquide.

Tous ces régimes prescrits aux obèses doivent être naturellement modifiés selon les indications fournies par l'examen complet du malade. Il serait même possible, d'après G. Leven (1), de faire maigrir un obèse tout en le laissant manger à sa faim, boire à sa soif et sans lui imposer aucun surmenage physique ; d'après Leven, l'obésité survient quand le système nerveux régulateur du poids est troublé dans son fonctionnement et n'est plus apte à maintenir la fixité du corps. La cause la plus fréquente de ces troubles dans le mécanisme régulateur du poids est la dyspepsie ; et la première chose à faire, en présence d'un obèse, est de soigner cette dyspepsie.

Goutte. — Le régime alimentaire joue un grand rôle dans le traitement de la goutte, et « le goutteux qui se médicamente, sans s'astreindre aux prescriptions relatives à l'alimentation et à l'hygiène générale, ne peut retirer aucun bénéfice de son traitement » (Lyon). Mais, comme le fait remarquer très judicieusement M. Oettinger (2), on ne saurait préciser d'une façon exacte quels sont les aliments permis et défendus aux goutteux ; on ne peut que poser des règles générales, car tous les goutteux ne se ressemblent pas entre eux, et ce qui réussit chez l'un peut chez un autre provoquer une attaque de goutte.

(1) Gabriel Leven, *L'Obésité et son traitement.*

(2) Oettinger, *Thérapeutique du rhumatisme et de la goutte.* Paris, 1896.

Cette réserve faite, on peut citer parmi les aliments permis aux goutteux : les viandes rouges ou blanches, bien cuites, rôties, grillées ou bouillies ; certains poissons (morue, sole, merlan), les œufs, le lait ; la plupart des légumes verts (chicorée, laitues, artichauts, choux-fleurs), les carottes et pommes de terre ; les féculents et les pâtes (en quantité modérée) ; les fruits, de préférence cuits ; comme boissons permises : le vin blanc léger, le café en infusion très légère.

Les aliments à éviter sont : le gibier, la charcuterie (sauf le jambon), les poissons gras, les crustacés et coquillages, les condiments (champignons, truffes) ; les légumes riches en acide oxalique (asperges, oseille, épinards, tomate, cresson), les céleris et les navets (qui irritent le rein), les fromages fermentés et les sucreries. Parmi les boissons, les bières, et surtout les bières fortes anglaises, sont considérées comme les plus nuisibles aux goutteux ; les vins mousseux, le bourgogne doivent être absolument proscrits. « Le bourgogne renferme la goutte dans chaque verre » (Scudamore). Pour le cidre, quelques-uns le considèrent comme une boisson utile dans la goutte, tandis que Lécorché en interdit absolument l'usage.

D'une façon générale, le goutteux mange trop, et il faudra lui conseiller « une certaine modération dans le boire et le manger » (Sydenham).

Rhumatisme chronique. — De l'hygiène alimentaire des goutteux se rapproche dans beaucoup de cas celle du rhumatisant chronique. Les diverses formes de rhumatisme chronique, en raison de leur étiologie et de leur pathogénie, comportent cependant certaines indications particulières.

Le rhumatisme progressif et déformant demande une alimentation substantielle et réconfortante. Il en est de même des rhumatismes d'infection, quels qu'ils soient ; ce sont toujours des malades déprimés venant de subir une

infection plus ou moins grave et chez lesquels la nécessité d'une alimentation tonique est évidente.

Dans le rhumatisme dyscrasique ou goutteux, qui est sous la dépendance d'une intoxication avec uricémie, on devra conseiller le régime habituel des arthritiques. Beaucoup de ces malades mangent trop ; ils auront donc à restreindre leur alimentation. Le régime est un régime mixte, mais avec une grande réserve dans la part faite aux aliments azotés et aux boissons alcooliques. La plupart des viandes sont permises, à la condition d'être prises en quantité très modérée ; on conseillait autrefois les viandes blanches ; actuellement on permet aussi les viandes rouges. Toutes ces viandes doivent être tendres, fraîches et bien cuites ; il faut interdire le gibier, la charcuterie (sauf le jambon), les viandes trop grasses et les viandes jeunes. Parmi les poissons, il faut choisir les poissons à chair blanche et maigre tels que la sole et le merlan, éviter les poissons gras (comme le saumon, la morue), les crustacés et les mollusques.

Les œufs et le lait peuvent entrer dans l'alimentation, mais sans en faire abus. Les légumes verts sont pour la plupart un bon aliment pour l'arthritique, tout en faisant des réserves pour l'oseille, les asperges et les épinards. Les pommes de terre, les nouilles, le macaroni sont à recommander. Le pain sera bien cuit et devra être bien mastiqué. Les fruits sont autorisés, mais de préférence cuits. Pas de condiments, sauf le citron, qui est très recommandé par les médecins anglais contre la diathèse urique.

Comme boisson, la meilleure est l'eau pure ou une eau minérale légère. On peut cependant permettre un peu de vin blanc (bordeaux de préférence) ou de bière faible, mais pas de bourgogne, ni de champagne, et, à plus forte raison, jamais d'alcool ; à la fin du repas, on permettra une petite tasse de café ou de thé. En somme, régime très surveillé comme quantité et qualité, et qui doit naturelle-

ment devenir encore plus sévère s'il survient des symptômes de néphrite.

Diabète. — Le principe fondamental du régime des diabétiques est de restreindre autant que possible l'ingestion des aliments sucrés et des substances qui se transforment facilement en glucose dans l'organisme, c'est-à-dire des hydrates de carbone. Il faudra donc, pour remédier à cette suppression des hydrates de carbone, élever le taux des albuminoïdes et des graisses ingérées.

La diète carnée (ou régime de Coutain) est complètement abandonnée ; de même la diète lactée proposée par Donkin. Le régime habituellement prescrit est le régime mixte de Bouchardat, plus ou moins modifié. Aliments permis : les potages gras, le bouillon aux œufs ; les aliments gras (beurre, thon et sardine à l'huile, gras de jambon, rillettes) ; toutes les viandes ; les œufs ; les crustacés et mollusques (sauf les huîtres) ; les poissons ; la plupart des légumes (épinards, haricots verts, artichauts) ; les fromages, les noix, les amandes. Comme boisson : l'eau, le vin, le thé, le café. Aliments défendus : les potages aux pâtes ; l'oseille, les asperges, les tomates, les carottes, tous les aliments féculents (riz, lentilles, haricots, pommes de terre...) ; les pâtes alimentaires, les sauces à la farine, les fruits sucrés et les pâtisseries.

La question la plus difficile à résoudre est celle du pain. En effet, le pain contient 50 p. 100 d'hydrates de carbone ; son usage doit donc théoriquement être absolument proscrit. On le remplace, depuis les travaux de Bouchardat, par le pain de gluten ; mais cette préférence pour le pain de gluten ne semble pas très justifiée, d'après Lyon, car, si certains pains de gluten ne contiennent que 20 p. 100 d'amidon, d'autres en contiennent jusqu'à 60 p. 100. On a conseillé plus récemment le pain de soya, légumineuse du Japon qui ne renferme que 6 p. 100 d'hydrates de carbone ; mais ce pain a une saveur désagréable. Ebstein recommande le pain d'aleurone, fait avec une

albumine végétale, surtout abondante dans les graines oléagineuses et extraite ordinairement de l'amande des noix ou des noisettes ; l'aleurone ne renferme que 7 p. 100 d'hydrates de carbone.

Beaucoup de médecins permettent au diabétique une petite quantité de pain, la suppression absolue étant très pénible ; ainsi Dujardin-Beaumetz donnait 30 à 40 grammes de pain à chaque repas ; il faut autoriser de préférence la mie de pain, qui contient moins d'amidon que la croûte, et de plus les malades auront moins de tendance à dépasser la dose permise, la mie étant peu appétissante (Lyon).

Enfin, d'autres médecins remplacent le pain par une petite quantité de pommes de terre.

Eczéma. — De l'arthritisme et des maladies de la nutrition dépend dans beaucoup de cas l'eczéma. « Quelque peu connues qu'elles soient dans leur essence, les altérations humorales des eczémateux peuvent être comparées aux altérations chimiques du sang et des humeurs qu'on observe dans le diabète, dans la goutte et dans l'urémie » (Gaucher).

M. Petit, qui a étudié par l'examen des urines, le bilan de la nutrition chez les eczémateux soignés par lui à Saint-Gervais, en a tiré les conclusions suivantes pour le régime de ces malades :

« L'eczémateux mange trop ; il absorbe trop d'aliments azotés et néglige au contraire les végétaux riches en sels et indispensables à la dialyse de son urée.

» Boire de l'eau ou du lait, ne manger que des œufs, des légumes et des fruits : telle doit être la règle diététique de l'eczémateux » (1).

Ajoutons que l'uroséméiologie fournit de précieuses indications non seulement pour établir un régime, mais pour le modifier et l'adapter à l'état du malade.

Dyspepsie. — Il est difficile de donner schématique-

(1) Clément Petit, *Uroséméiologie des eczémateux*, Lyon, 1906.

ment le régime alimentaire des dyspepsies, celles-ci étant très variées par leur étiologie, leurs symptômes et le traitement devant naturellement être plus ou moins sévère selon les cas. Voici toutefois le régime de la dyspepsie dite par G. Sée nervo-motrice et, par M. Mathieu (1), sensitivo-motrice.

Les aliments doivent être aussi nutritifs que possible sous un petit volume; ils seront donc débarrassés des fibres végétales, des noyaux, des pépins de fruits, qui constituent des résidus indigestes et irritants. Les aliments azotés doivent être finement divisés ; les végétaux bien divisés et bien cuits.

Les divers régimes des dyspeptiques ne sauraient être présentés ni même résumés ici. La question a été mise au point dans un ouvrage récent (Soupault, *Traité des maladies de l'Estomac*, Paris, 1906).

Entérite. — L'entéro-colite muco-membraneuse a pris, en ces dernières années, la première place dans la pathologie intestinale et son régime a été étudié surtout en France par les médecins de Chatelguyon et de Plombières, en Suisse par M. Combe (de Lausanne).

Nous citerons la carte de régime établie par les médecins de Chatelguyon et que la majorité d'entre eux prescrivent pendant la saison thermale. C'est un régime qui rend de grands services dans le traitement de l'entéro-colite. Il est un peu long pour être reproduit en entier.

Régime de Combe : M. Combe a étudié avec le plus grand soin le traitement de l'entérite muco-membraneuse (2). Le principe fondamental doit être de distinguer parmi les aliments ceux qui favorisent la vitalité des microbes intestinaux et ceux qui leur sont nuisibles ; les premiers sont les aliments putrescibles et les seconds les

(1) Mathieu, art. *Maladies de l'estomac* du *Traité de médecine*. Bouchard et Brissaud, t. IV.

(2) Combe, *Traitement de l'entérite muco-membraneuse*, un vol., Paris, J.-B. Baillière.

aliments antiputrides. On diminuera naturellement, dans la mesure du possible, l'ingestion d'aliments putrescibles, tandis qu'on augmentera celle des aliments antiputrides.

Les aliments putrescibles sont les aliments azotés, viandes et œufs, les graisses, le beurre et la crème.

L'alimentation antiputride est constituée par le régime lacto-farineux (lait, farines de céréales, riz, pâtes alimentaires).

Un autre principe important du régime de M. Combe est de ne pas boire en mangeant, le repas sec diminuant notablement la putréfaction intestinale azotée ; enfin il faut diviser la nourriture en plusieurs petits repas, alternant un repas liquide et un repas solide.

M. Combe utilise toute une série de régimes, les plus sévères convenant au traitement de l'entérite aiguë ou des poussées fébriles survenant au cours de l'entérite, les autres pouvant être institués progressivement dans la suite. Ce sont le régime des potages, le régime farineux sans viande, le régime farineux avec viande, le régime lacto-farineux avec légumineuses, le régime complet.

Lithiase biliaire. — Les indications que doit remplir le régime alimentaire dans la lithiase biliaire ont été étudiées dans un article récent par M. Dufourt (de Vichy) (1).

Le régime doit remplir quatre conditions : éviter ou atténuer l'infection des voies biliaires, maintenir la composition normale de la bile, provoquer une sécrétion abondante de cette bile et obtenir une excrétion biliaire aussi constante que possible.

Pour éviter ou atténuer l'infection des voies biliaires, il faut donner au malade les aliments qui réduisent au minimum les putréfactions intestinales, c'est-à-dire le lait (Gilbert et Dominici), les farineux et les pâtes alimentaires (Hoppe-Seyler, Combe) ; les œufs sont inférieurs au

(1) E. Dufourt, *Les indications que doit remplir le régime alimentaire dans la lithiase biliaire* (PRESSE MÉDICALE, 17 mars 1906).

lait et aux farineux, en restant toutefois supérieurs à la viande, celle-ci favorisant au plus haut degré les fermentations intestinales.

Maintenir la composition normale de la bile par une alimentation rationnelle est plus difficile. Ainsi, on a coutume de défendre aux lithiasiques la cervelle, les œufs et le sang (par exemple le boudin), sous prétexte que ces aliments sont trop riches en cholestérine ; il semble que la quantité de cholestérine ingérée est sans influence sur la composition chimique de la bile.

Pour provoquer une sécrétion abondante de bile, les meilleurs aliments sont les albuminoïdes, et en particulier les viandes, puis les graisses et enfin, mais très inférieurs à la viande, les hydrates de carbone. Il ne faudra pas oublier toutefois que la viande ne doit être permise qu'avec une certaine réserve, puisqu'elle donne trop de fermentations intestinales, et que la graisse est souvent mal digérée.

Enfin, pour obtenir une excrétion biliaire aussi constante que possible, il faut se rappeler que l'écoulement biliaire se produit seulement quand le chyme passe au pylore. Ainsi donc, entre la fin d'une digestion gastrique et le repas suivant, les voies biliaires forment comme une cavité close dans laquelle la précipitation des pigments, de la chaux et de la cholestérine se fait plus facilement. Pour rendre l'excrétion biliaire aussi fréquente que possible, il suffit de prescrire au malade des repas plus fréquents que d'habitude. Dufourt conseille, en plus des trois repas habituels, une collation vers 4 heures et un repas le soir avant le coucher.

De ces principes directeurs du régime alimentaire on peut tirer pratiquement les indications que voici : éviter une alimentation surabondante, la plupart des lithiasiques étant des arthritiques ; permettre la viande (en faible quantité) ; le poisson frais et maigre ; les œufs ; les graisses (crème du lait, beurre frais, jaune d'œuf) ; les

légumes herbacés en grande quantité ; les fromages frais. Réduire la quantité des hydrates de carbone, tout en permettant quelques farineux. Défendre le vinaigre, les épices, la moutarde, les liqueurs et boissons alcooliques.

Faire des repas fréquents et légers (cinq repas par jour).

Lithiase rénale. — Du régime alimentaire de la lithiase rénale, nous aurons peu de choses à dire, puisque l'uricémie est un lien pathologique qui relie la gravelle à la goutte, et que nous avons déjà indiqué le régime des goutteux. Rappelons seulement qu'il faut proscrire les aliments trop riches en azote (viandes noires et fumées, gibier), les condiments, les légumes qui contiennent beaucoup d'acide oxalique (oseille, haricots verts, tomates, asperges) ; les boissons défendues sont les boissons fortement alcoolisées, gazeuses, sucrées. Aliments permis : œufs, poissons légers, viandes blanches, légumes verts cuits (1).

Albuminurie. — Le régime alimentaire des albuminuriques est un peu différent selon qu'il s'agit d'une albuminurie fonctionnelle sans lésion rénale ou d'une albuminurie liée à une néphrite chronique.

Dans l'albuminurie orthostatique, il est inutile de prescrire un régime rigoureux ; ainsi le régime lacté n'a aucune influence heureuse sur le taux de l'albumine ; il suffit d'exclure de l'alimentation les mets épicés, le gibier, les crustacés, le vin pur et les liqueurs (Lyon).

L'albuminurie d'origine digestive, qui s'observe surtout chez les dyspeptiques à estomac dilaté, réclame le traitement de la dyspepsie plutôt que le régime des albuminuriques.

Dans l'albuminurie prétuberculeuse, Teissier recommande une alimentation substantielle (viandes, graisses, beurre, conserves de sardines).

(1) Enriquez, art. *Lithiase rénale* du *Manuel de médecine.* Debove et Achard, t. VI.

Lorsque l'albuminurie dépend d'une lésion chronique du rein, néphrite parenchymateuse ou interstitielle, le régime permis doit être plus ou moins sévère selon que les signes d'insuffisance rénale sont plus ou moins marqués ; il existe toute une série de régimes partant du régime lacté absolu, lacto-végétarien, jusqu'au régime mixte assez varié. Nous citerons à titre d'exemple la carte de régime établie par les médecins de Saint-Nectaire, qui fournit un bon type du régime mixte des albuminuriques.

La question du régime des brightiques est d'ailleurs à l'étude, et ce régime a été pour ainsi dire revisé depuis les travaux récents sur le rôle de la rétention chlorurée dans certains accidents brightiques. M. Widal a montré l'importance du régime déchloruré chez les brightiques œdémateux ; et il a exposé récemment au Congrès de Liége la pratique de la cure de déchloruration (1).

Les aliments qui peuvent entrer dans le menu d'un brightique à déchlorurer sont : le pain sans sel (qui contient 0 gr. 70 de chlorure par kilogramme), la viande (1 gramme de chlorure par kilogramme) et de préférence le bœuf, le mouton et le poulet ; les poissons d'eau douce, les œufs et le beurre frais, le riz, les pommes de terre, les petits pois, les salades. La gelée, dite glace de viande, préparée sans sel, peut servir à donner du goût aux sauces et aux légumes. On peut encore utiliser à cet effet l'estragon, le thym, le persil. Comme desserts : sucreries et pâtisseries sans sel, fruits en compote. Les boissons seront les eaux minérales, la bière et le vin (en petite quantité). Le lait, qui doit avant tout ses qualités à sa pauvreté en sel, est un aliment utile à faire entrer dans le régime ; mais il n'est cependant pas un aliment inoffensif que l'on peut donner sans compter au brightique, puisqu'il contient environ 1 gramme 50 de chlorures par litre.

(1) Widal, *Le régime déchloruré* (VIIIe Congrès français de médecine, Liége, septembre 1905).

La ration moyenne du régime déchloruré est : pain déchloruré, 200 grammes ; viande, 200 grammes ; légumes, 250 grammes ; beurre, 50 grammes ; sucre, 40 grammes ; eau, 1 litre 50 ; vin, 30 centilitres ; café, 30 centilitres. Ce régime donne environ 1500 calories et renferme 60 gr. d'albuminoïdes, ce qui est suffisant pour un malade au repos. Cette ration peut être augmentée chez les malades qui reprennent la vie active après la disparition des œdèmes et des accidents qui étaient la conséquence de ces œdèmes. Le régime déchloruré est aujourd'hui très fréquemment employé non seulement chez les brightiques, mais encore chez les cardiaques (Vaquez) et chez tous les malades ayant des œdèmes, il rend dans ces cas de grands services. — Une seule réserve est à faire chez les brightiques, c'est que, dans le choix des aliments pouvant entrer dans la composition du menu, il faut tenir compte sans doute de la teneur en sel, mais éviter cependant les viandes en trop grande quantité, les viandes faisandées... Car ces aliments contiennent des poisons dont l'élimination insuffisante par le rein est toujours à craindre.

Cardiaques. — Le traitement hygiénique des cardiaques relève d'indications diverses. Le régime alimentaire se rapproche souvent du régime des albuminuriques. Les considérations que nous venons d'émettre à propos de la déchloruration peuvent aussi bien s'appliquer aux cardiaques qu'aux albuminuriques.

III. LA PRATIQUE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES

Tous ces régimes alimentaires sont plus ou moins bien suivis par le malade chez lui ; parmi les malades, il en est beaucoup chez lesquels le désir de faire bonne chère l'emporte, au moins de temps en temps, sur le bon soin de la santé. De plus, la sévérité du régime souffre des dîners en ville ou des dîners offerts par le malade à sa table, et

ces occasions, très fréquentes dans la classe riche, rendent par cela même le traitement par l'hygiène alimentaire parfois un peu illusoire, ou tout au moins l'empêchent de donner tous les résultats qu'on pourrait en espérer.

On comprend, dans ces conditions, le succès obtenu par certaines *maisons de santé*, où le malade va pendant quelques semaines s'isoler du monde extérieur et ne vivre que dans le souci d'améliorer son état. Ici, plus de tentations de désobéir aux prescriptions du médecin, plus de dîners fins ; le menu est chaque jour minutieusement réglé et une discipline absolue préside aux moindres détails de la table. C'est surtout pour le traitement des maladies du tube digestif que la vogue de ces maisons de santé est grande. Les maisons de santé pour régimes sont assez nombreuses. Les premières ont été fondées à l'étranger, mais on commence à en établir en France, et sans nul doute elles sont appelées au succès. Citons, parmi les établissements les plus connus, la maison dirigée à Francfort par le Docteur Von Noorden, celle du Docteur Widmer à Territet, la maison fondée à Neuilly par le Docteur Cautru, et celle établie plus récemment à Saint-Gervais par le Docteur Petit.

Le principe de ces établissements est sensiblement le même ; ils se distinguent par des détails de pratique qui répondent moins à des différences de théorie qu'à des dissemblances d'habitudes et de tempéraments nationaux.

Les maisons de santé rendent des services évidents au malade dont le traitement exige, sous un contrôle médical journalier, un régime spécial, de la tranquillité, le séjour en plein air et l'emploi des agents thérapeutiques physiques.

La méthode consistant à observer séparément chaque malade permet d'établir un régime propre à chacun. Donc, pas de régime absolu, invariable. Les malades s'habituent à comprendre la composition des régimes ; ils en sentent le bénéfice ; ainsi, tout en étant soignés, ils font une sorte

d'éducation pour l'avenir et sauront continuer l'hygiène alimentaire quand ils seront rentrés chez eux.

La présence d'un médecin qui contrôle journellement l'état du malade, modifie le régime au gré des besoins permet d'obtenir des résultats d'autant plus complets qu'on a sous la main tous les traitements par les agents physiques.

Les avantages de la maison de santé peuvent se résumer ainsi : facilité d'établir et de suivre exactement le régime qui convient à chacun ; utile entraînement du malade pour l'avenir.

Les régimes dans les stations hydro-minérales. — Une des questions les plus importantes soulevées par ces régimes alimentaires est celle de la bonne observance du régime pendant les séjours que font les malades dans les stations hydro-minérales. Et cette question se pose à chaque instant dans la pratique journalière, la plupart des stations d'eaux minérales françaises et étrangères recrutant leur clientèle parmi les malades atteints de troubles de la nutrition, d'affections chroniques du tube digestif, du foie ou des reins, parmi ces malades dont nous avons étudié les régimes dans le chapitre précédent.

Il est bien évident que le succès de la cure sera fortement compromis si le malade, tout en suivant le traitement, soit interne, soit externe (eau en boisson, bains, douches, etc.), si ce malade ne peut, pendant cette période de cure, continuer à observer les règles d'hygiène diététique antérieurement prescrites par son médecin habituel ou celles que le médecin consultant de la station aura jugé utile de formuler.

Et ce qui complique la situation, c'est que le malade se trouve dans la plupart des cas vivre à l'hôtel et que, par conséquent, il devient nécessaire, pour assurer au malade un régime convenable, de pouvoir compter sur l'hôtelier. Voici donc une nouvelle bonne volonté que le médecin doit pour ainsi dire gagner à sa cause. Il était souvent

assez difficile de faire suivre un régime par un malade vivant chez lui et ordonnant librement le menu quotidien ; il deviendra plus difficile encore d'arriver à ce résultat dans les stations hydro-minérales, si les médecins ne s'assurent du concours des hôteliers.

Indications précises formulées par la médecine, discipline du malade à suivre ces indications, concours de l'hôtelier pour faciliter l'observance du régime, ces trois conditions doivent se trouver remplies et réglées par un accord commun pour arriver à un résultat.

Nous n'avons rien à dire ici du médecin et des malades, mais il nous reste à voir comment, dans un hôtel, on peut arriver à rendre facile l'exécution des prescriptions médicales en ce qui concerne l'hygiène alimentaire. Nous avons pu nous procurer quelques renseignements sur ce qui se fait, à ce sujet, en Allemagne et en France.

Nous saisirons cette occasion pour remercier nos confrères qui ont eu l'obligeance de nous aider de leur avis et de nous fournir des documents pour cette étude. Chez tous, nous avons trouvé cette opinion que, malgré quelques difficultés de pratique, une attention plus grande peut être apportée à l'hygiène alimentaire dans les villes d'eaux, et que l'avenir et la prospérité des stations en dépendent.

Carlsbad. — A Carlsbad, l'ensemble des pratiques qui constituent le régime est le produit d'une longue expérience. Le régime a été créé par la tradition et modifié peu à peu par les progrès de la science. Il n'existe pas à proprement parler de régime de Carlsbad, mais les médecins indiquent à chaque malade un régime approprié et variable. Les ordonnances du médecin comportent le taux à manger, c'est-à-dire la quantité autant que la qualité des aliments.

Carlsbad reçoit des dyspeptiques, des hépatiques, des arthritiques, pour ne citer que les principales indications.

Une hygiène municipale bien comprise, une bonne

volonté absolue des hôteliers qui aident le médecin et font en sorte que le malade trouve toujours les aliments dont il a besoin ; des habitudes locales qui incitent à se lever tôt et à se coucher tôt : telles sont les causes principales qui permettent à Carlsbad d'éviter le surmenage et de faire une bonne cure sans pourtant s'astreindre à un régime trop rigoureux.

Il existe une surveillance administrative des restaurants, des boucheries et du lait. L'inspection des viandes est faite par un vétérinaire très instruit et très bien rétribué. Pour le lait, un service spécial est chargé de la surveillance et en fait des analyses fréquentes. Dans les hôtels et restaurants, le malade mange le plus habituellement à la carte, faisant lui-même son menu et dans un coin de la carte sont indiqués les aliments pour diabétiques et les aliments convenant aux dyspeptiques. Les jambons de Prague (préparés au salpêtre) et la bière de Pilsen sont donnés assez librement. En général, les hôteliers veillent à ce que la cuisine soit peu épicée, légère ; et certains aliments ne figurent jamais sur les menus. On ne mange jamais de crudités, mais on mange beaucoup de crème, de fruits en compote. Dans ces conditions, le malade trouve toujours sur la carte les aliments qui lui ont été conseillés par le médecin, et il peut toujours faire le repas de cure.

Marienbad. — A Marienbad, on soigne la goutte, le diabète, l'arthritisme, mais surtout l'obésité. Depuis cinq ans, il n'y a plus de table d'hôte ; les repas sont servis par petites tables et le malade mange à la carte. Sur le menu est une liste des aliments défendus ou suspects. En général, les hôtels ne servent pas d'aliments trop mauvais pour la cure ; il y a un accord tacite des hôteliers pour favoriser le régime. Une particularité intéressante des hôtels de Marienbad est que les portions sont d'un volume connu, par exemple, la portion de viande étant de 100 à 150 grammes.

Il existait autrefois un régime dit de Marienbad presque exclusivement carné ; on y a renoncé, le régime s'atténue, s'humanise pour s'adapter à chaque cas. On fait surtout un régime de circonstance, de sous-nutrition, c'est-à-dire qu'on cherche à donner, mais progressivement, 1000 à 1500 calories en moins de la ration d'entretien. On ajoute aux repas de la salade, des légumes verts, bref des aliments qui satisfont le besoin du malade sans trop l'alimenter.

Comme à Carlsbad, l'hygiène municipale, l'inspection des viandes et du lait sont bien organisées.

Wiesbaden. — A Wiesbaden, dont le rhumatisme et la goutte constituent les principales indications, il n'existe pas dans les hôtels de cuisine spéciale pour la cure. Les malades doivent veiller eux-mêmes à composer leur menu d'après les ordonnances médicales. Cela leur est aisé d'ailleurs, car la plupart des hôtels s'arrangent pour éviter les condiments et fournir aux pensionnaires les mets qui leur sont conseillés. Les menus comportent en outre un grand choix de plats de légumes, si bien que les malades ont la faculté de suivre un régime sinon végétarien, au moins de manger fort peu de viande.

Neuenhar. — A Neuenhar, on sert dans chaque hôtel un repas spécial composé suivant les indications médicales.

Kreuznach. — A Kreuznach, les règles diététiques sont observées d'une façon assez variable, quoique les médecins attachent grande importance à l'hygiène alimentaire. Les repas sont pris soit à de grandes tables d'hôte, soit à de petites tables ; mais il y a aussi des pensions et des restaurants où l'on suit un régime rigoureux.

Ems. — A Ems, les règles diététiques suivies d'habitude sont des plus larges. Il n'y a pas à proprement parler de régime particulier. Le plus souvent, les médecins conseillent de s'abstenir d'aliments trop gras, de crudités. C'est aux malades de se conformer à ces conseils en faisant leur choix dans le menu de leur hôtel. Dans les

hôtels de premier et deuxième rangs, le service a lieu par petites tables. La cuisine est assez voisine de la cuisine française, en général assez bonne et légère.

Cette grande variété dans la façon d'ordonner et de servir les repas se retrouve du reste dans beaucoup d'autres villes d'eaux allemandes. Mais il faut noter ce fait général, c'est que là même, où par suite de causes diverses la discipline est assez relâchée, les hôtels évitent de servir certains aliments reconnus d'une digestion difficile ou incompatibles avec la cure et cherchent à grouper sur le menu plusieurs des mets qui rentrent dans les prescriptions médicales les plus usuelles.

Vichy. — A Vichy, les régimes alimentaires étaient prescrits de longue date par le corps médical de la station ; mais la mise en pratique du régime n'a été organisée qu'à une date récente. Certains hôtels ont, à chaque repas, trois menus différents : menu de la table d'hôte, menu de la table des dyspeptiques, menu de la table des diabétiques. Le service est fait par petites tables, et les clients au régime payent un léger supplément, en raison de l'augmentation du personnel. Cette organisation a fonctionné à la satisfaction de tous, et sans aucun doute elle sera peu à peu adoptée par de nouveaux hôtels.

Aix-les-Bains. — Les médecins d'Aix-les-Bains se sont entendus pour formuler, pendant la cure thermale un régime, très large du reste, dont voici les principes :

Composition des repas : Composer le menu du déjeuner et du dîner de telle sorte qu'il y ait toujours un plat de viande rôtie ou grillée et un plat de légumes autre que la garniture des viandes.

Aliments interdits : Mets faisandés ou très épicés. Salaisons, charcuterie, sauf le jambon, écrevisses, homards, coquillages. Poissons salés, fumés, de conserve. Champignons, truffes, oseille, rhubarbe, cacao. Fromages forts.

Aliments permis à dose modérée : Gibier noir. Poisson de mer. Cervelle, ris de veau, tête de veau. Canard,

pigeon. Asperges, épinards, betteraves. Sucre, pâtisseries, crèmes glacées. Fruits acides, framboises, fraises, groseilles.

Liquides interdits : Bières fortes, Porto, Xérès, Bourgogne. Liqueurs, surtout celles riches en essences.

La plupart des propriétaires d'hôtels s'inspirent de ces règles pour composer leurs menus. Ils donnent d'ailleurs toutes les facilités aux malades quand un régime plus strict est indiqué.

Chatelguyon. — A Chatelguyon, il existe une carte de régime général arrêtée par la société médicale. « Cette carte, dit un médecin de la station, est respectée par les hôteliers avec une réelle bonne volonté. Quand un malade arrive avec un régime prescrit par un médecin traitant, nous ne modifions rien au régime, à moins de contre-indication nécessitée par quelque incident nouveau. Dans ce dernier cas, comme dans le cas où le malade arrive sans régime spécifié, la majorité d'entre nous prescrivent de suivre, *pendant la durée de la saison thermale*, la carte de régime, que nous modifions ou élaguons selon que l'état du malade autorise ou contre-indique certains des mets indiqués. Au total, il y a lieu d'être satisfait médicalement parlant de l'organisation des régimes. »

Plombières. — A Plombières, il n'y a pas de table de régime. Sur les menus de table d'hôtel se trouvent des plats qui rentrent dans les différents régimes.

Chaque médecin donne des indications au malade. Si parfois ce régime est plus sévère que d'ordinaire, le malade obtient aisément de l'hôtelier le ou les plats qui lui sont recommandés.

Saint-Nectaire. — Les hôtels ont une table spéciale de régime ; les malades peuvent encore se faire servir au restaurant, et voici les indications générales auxquelles se conforment les hôteliers sur l'avis du corps médical.

Il est interdit de présenter aux malades de la table de régime d'autres aliments que ceux énumérés ci-dessous.

Les mets constituant le régime ne peuvent être exigés des malades que s'ils prennent leurs repas à la table spéciale du régime ou au restaurant.

On ne présentera à la table de régime que des aliments d'une fraîcheur absolue. Les conserves en seront scrupuleusement exclues.

Il n'entrera dans la préparation des mets ni jus de viande, ni extraits, ni condiments d'aucune sorte, sauf le jus de citron frais.

Il est essentiel que tous les légumes soient cuits à l'eau, c'est-à-dire à l'anglaise et servis accompagnés d'une coquille de beurre frais, à la disposition du malade.

Il est recommandé d'apprêter les mets avec aussi peu de sel que possible.

Les repas seront constitués, en général, de la manière suivante :

Au déjeuner : Deux viandes ou un plat d'œufs et une viande, un légume féculent, un légume vert, entremets-gâteaux secs, pain rassis ou croûte de pain, eau ou lait comme boisson.

Au dîner : Potage maigre, une viande, un légume (frais autant que possible), un entremets au lait, gâteaux secs, pain rassis ou croûte de pain, eau ou lait comme boisson.

Bourbon-Lancy. — A Bourbon-Lancy, bien qu'il n'existe pas à proprement parler de table de régime, les médecins de la station ont obtenu des hôteliers, dont la complaisance et le bon vouloir sont sans bornes, de toujours tenir compte du régime formulé sur l'ordonnance. Pratiquement, dans chaque menu, les malades peuvent trouver le laitage, les viandes blanches, les légumes, les œufs, les fruits prescrits d'ordinaire.

Vittel. — La majorité des médecins de Vittel ont institué un régime convenant d'une manière générale à l'arthritique.

Les aliments ont été divisés en trois catégories, selon

qu'ils doivent être absolument défendus à la majorité des malades fréquentant la station, qu'ils leur sont permis avec modération, ou enfin qu'ils leur sont autorisés sans restriction.

Dans la première catégorie (aliments défendus), figurent les gibiers faisandés et conservés, la charcuterie de conserve, les crustacés en sauces fortes, les potages, entrées et sauces fortement acides et épicées, l'oseille, les fruits acides, les fromages forts, etc. Ces aliments ne doivent jamais être présentés sur la table.

Parmi les mets permis en quantité modérée, se trouvent les viandes rouges et noires, les volailles grasses, la charcuterie fraîche, les ragoûts, le gibier à plumes très frais, les pâtés de viande, les gros poissons de mer, les sauces, certains légumes comme les haricots verts, les choux et choux-fleurs, les asperges, les tomates en garniture.

Peuvent être servis sans restriction, les œufs modérément cuits, les viandes blanches, les volailles, les poissons légers, les salades cuites, les féculents, les pommes de terre, certains légumes verts, comme les artichauts, les carottes, les petits pois, les pâtes alimentaires, les fromages frais, les laitages et les crèmes, les fruits très mûrs (raisins, fraises, pêches, prunes, framboises), les compotes.

Quant à l'organisation matérielle des repas, elle est comprise de la façon suivante : le fonds du menu est composé par les aliments permis à discrétion ; en outre, chaque repas comporte un plat ou plus rarement deux des aliments de la seconde catégorie. Comme un repas de table d'hôte se compose au moins de quatre plats, il est facile à chacun de s'accommoder du menu. Les personnes qui ne font pas de traitement ont toujours un menu suffisamment varié. Pour le malade, c'est au médecin traitant de lui indiquer les aliments permis ou défendus.

Telle est la manière dont le régime a été compris à Vittel, grâce à l'entente du corps médical et des direc-

teurs d'hôtel. Cette organisation donne des résultats satisfaisants.

Nous bornerons là cette énumération, afin de ne point tomber dans des redites.

En effet, cette revue rapide des efforts tentés en France et en Allemagne pour permettre aux malades de suivre un régime pendant leur séjour dans une ville d'eaux nous a suffisamment montré les difficultés que soulève cette organisation et les différents moyens de tourner ces difficultés.

En somme, l'objection capitale à cette organisation est la suivante : dans un hôtel d'une ville d'eaux, séjournent non seulement des malades venus pour se soigner, mais aussi des membres de la famille de ces malades les accompagnant, et des touristes, et des individus très bien portants venus se distraire au moment de la saison. Or à tous ces touristes, à tous ces gens bien portants, il faut donner un menu qui puisse satisfaire leurs appétits et leurs goûts. D'autre part, dans une même station, parmi les malades, il y a très souvent plusieurs catégories et une même station convient parfois à des affections très diverses. Telle ville reçoit des dyspeptiques, des hépatiques, des lithiasiques. Telle autre reçoit des intestinaux, des obèses, etc. Que faire pour donner satisfaction et aux gens bien portants qui veulent trouver à l'hôtel le menu habituel des tables d'hôte, et aux malades qui désirent suivre leur régime ?

Les systèmes proposés pour l'organisation des régimes dans les hôtels peuvent se ramener à trois :

Table d'hôte avec exclusion dans le menu de certains aliments ;

Tables de régime ;

Repas à la carte.

Le premier système, à savoir celui d'une seule table avec un menu presque uniquement composé d'aliments permis aux malades, n'est possible que dans les stations

à spécialisation bien limitée et définie. Il est impraticable dans les stations qui reçoivent des catégories différentes de malades, impraticable aussi dans les grandes stations qui reçoivent une large proportion de visiteurs non baigneurs. Ce système, nous l'avons vu, fonctionne heureusement à Vittel, mais il ne saurait être admis à Vichy ou à Aix. Les touristes ou les étrangers qui font un séjour dans une ville d'eaux pour se distraire ne seront pas satisfaits d'un menu un peu monotone. Certains malades pourront, il est vrai, suivre assez rigoureusement les indications du médecin ; mais, dans les villes d'eaux recevant des malades atteints d'affections diverses, il sera très difficile, voire même impossible, de composer des menus donnant satisfaction aux uns et aux autres.

La table de régime a certains avantages. Il est bien évident que, dans un hôtel organisant, à côté de la table d'hôte, une table de diabétiques et une table de dyspeptiques, chacun des malades pourra facilement trouver à cette table l'alimentation qui lui convient, alors même que figurerait parfois sur le menu un plat faisant partie du régime habituel, mais qui, pour des raisons spéciales, lui est interdit. Cette division des malades et ce service par table de régime ont toutefois l'inconvénient capital de séparer le malade de parents ou d'amis venus avec lui ou rencontrés par lui à l'hôtel. Il est impossible aussi bien de soumettre la famille d'un baigneur au régime de la table spéciale que d'isoler le malade à cette table pendant que sa famille prendra place autour de la table d'hôte.

Le service à la carte nous semble de beaucoup le plus pratique, surtout dans les stations importantes. Il permet au baigneur, quelle que soit sa maladie, de suivre à son gré le régime indiqué, et cela sans s'isoler de ses parents ou de ses amis et sans obliger ces derniers à un régime monotone, dont ils n'ont pas besoin.

Nous ne reviendrons pas sur la nécessité de l'hygiène

alimentaire. Les progrès de l'hygiène font une place toujours plus grande à la médecine prophylactique ; la pharmacologie, en un mot, cède le pas à l'hygiène thérapeutique. Or, en hygiène, les règles diététiques sont certainement les plus importantes ; ceux même qui ne les suivent pas sont convaincus de leur nécessité :

Video meliora proboque, sed deteriora sequor.

Le malade est aujourd'hui averti, et il attend la formule de régime comme partie intégrante de l'ordonnance médicale.

Nous avons montré les difficultés que soulevait, dans les villes d'eaux, l'établissement d'une alimentation rationnelle pour les malades, — des chroniques pourtant qui relèvent surtout du traitement hygiénique, mais ces difficultés ne sont pas insurmontables.

Pour chaque station, la solution peut être aisément trouvée si l'on renonce à un parti pris trop systématique. En effet, chaque station a ses habitudes, dont il faut tenir compte. Ce qui est possible dans une ville recevant une seule espèce de malades est impossible si la station a des indications variées. Enfin les grandes villes d'eaux, centres de villégiatures autant que villes de malades, ne sauraient adopter le système qui convient à de petites stations.

L'imitation trop stricte de l'étranger n'est pas toujours heureuse, car les mœurs sont différentes ; c'est ainsi que la table de régime est vue d'un mauvais œil par beaucoup de gens, car on croit y voir une importation allemande. La substitution des repas pris par petites tables aux repas de table d'hôte nous paraît excellente. Dans bien des cas, elle suffirait à résoudre le problème, mais on ne saurait en faire une règle générale.

Chaque système a du bon et peut rendre service à l'occasion. Le succès dépend beaucoup du médecin et de son

tact : c'est à lui de rechercher les *moyens pratiques* qui conviennent dans chaque station.

Il importe de ne pas faire d'un régime une chose absolue, difficile à réaliser, où les propriétaires d'hôtels ne voient qu'une source de dépenses et d'ennuis.

Il faut, au contraire, et d'accord avec eux, rechercher comment la table d'un hôtel peut être mise en accord avec l'hygiène sans coûteuse complication dans le service.

En un mot, si les médecins s'habituent à rechercher et à prescrire des régimes pratiques, faciles à exécuter et à suivre, nous croyons que les propriétaires d'hôtels trouveront les moyens pratiques d'exécuter ces régimes et s'arrangeront pour le faire à leur bénéfice et au bénéfice des malades.

Dr Dardel (d'Aix-les-Bains).

LA FORÊT

GAULOISE, FRANQUE ET FRANÇAISE (1)

III

DE LOUIS LE GROS A HENRI IV

Ce n'est pas seulement, nous l'avons vu, sous l'ancienne monarchie, et quand, le domaine de l'État se confondant avec celui du Roi, celui-ci en avait le libre emploi, que l'État — monarchie traditionnelle ou constitutionnelle, monarchie élective, république ou empire — disposait de ses forêts pour en faire de l'argent.

Mais les cessions, justifiées ou non, faites par nos anciens rois à des abbayes, à des corporations, à des chefs militaires et, plus tard, à des seigneurs féodaux ou à de grands officiers de la Couronne, n'étaient point défavorables aux forêts. Tout au contraire, elles contribuaient dans le haut moyen âge, on l'a vu plus haut, à l'extension abusive des masses boisées au détriment de la productivité utile du sol sur beaucoup de points. Ce phénomène se renouvela du reste plusieurs fois par la suite, aux époques de troubles et de guerres ; et nous voyons, dans la seconde moitié du XIVe siècle, les rois Jean le Bon et Charles VI interdire par des édits successifs la création de nouvelles garennes, en vue d'empêcher l'appauvrisse-

(1) Voir la REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1906, p. 30.

ment et la diminution des populations incluses ou voisines et l'accroissement des fauves (1). Ce qui n'empêchait pas le pouvoir central, surtout sous les rois de la troisième race, de veiller avec soin, là où c'était nécessaire, à la conservation du sol forestier, considéré avec raison par eux comme un intérêt national. Les grands vassaux dans leurs seigneuries, et même les communes et les particuliers, secondaient parfois, dans la mesure où ils le pouvaient, les efforts du pouvoir central dans la lutte contre l'appauvrissement et la ruine des massifs boisés.

La France méridionale où, grâce à l'application du droit romain, les libertés locales avaient, mieux qu'ailleurs, résisté à la domination féodale, paraît avoir été la première à se préoccuper de l'intérêt forestier. D'après Charles de Ribbes, au retour des croisades, les populations alpestres entreprirent de reboiser les versants de leurs montagnes et de régler le débit des torrents et des cours d'eau, comme un millier d'années avant eux l'avaient tenté les Romains, comme l'administration publique le réalise aujourd'hui : *nil sub sole novum !* Jusqu'au XVIe siècle, le déboisement des Alpes fut ainsi prévenu. Aussi les grandes inondations qui, à partir de la fin du dit siècle, ont si fréquemment désolé les vallons et les plaines de la Provence étaient-elles jusque-là à peu près inconnues, et les campagnes étaient florissantes. On cite deux délibérations des États convoqués à Aix, en 1429 et en 1437, demandant au Comte de Provence la faculté d'exporter les céréales, vu leur extrême abondance qui en avait avili les prix. Dans les siècles suivants, quand le déboisement eut laissé libre cours à la furie des torrents, au ravinement des pentes et aux brusques descentes des eaux, il n'en alla plus de même. Les populations devinrent clairsemées dans les gorges et les vallons des montagnes dénudées. La Provence à la fin du XVIIIe siècle produisait

(1) Alf. Maury, *op. cit.*

à peine assez de grains pour nourrir ses habitants pendant huit mois de l'année (1).

Dans le nord, bien qu'avec moins de succès, les ducs de Normandie furent les premiers à s'occuper de la protection des forêts. Ils s'ingénièrent, dès le XIe siècle, à réglementer l'exercice des droits d'usage. Ils réunissaient périodiquement des conseils chargés de juger les délits, de percevoir les droits afférents aux usages concédés à titre onéreux, de visiter les forêts et d'aviser à faire le nécessaire pour réprimer les abus. Il fut interdit aux usagers de se servir de leurs propres mains, au moins dans les futaies : la délivrance des bois qui leur revenaient devait leur être faite par l'officier forestier du baillage ou de la seigneurie (2).

Le premier acte royal concernant les forêts qui, depuis les capitulaires, aurait été retrouvé, serait dû, d'après Baudrillart (3), à Louis le Gros et daté de 1115. Il aurait pour objet l'institution de « mesureurs et arpenteurs de terres et bois » qui rappellent les *agrimensores* de Jules César et étaient sans doute chargés comme eux d'une sorte de cadastre. Mais, d'autre part, M. Huffel signale, dès le XIe siècle, pour l'administration des forêts du roi, des *prévôts* ou *maires* à attributions d'ailleurs mal définies, et par la suite, entre 1180 et 1189, soit au commencement du règne de Philippe-Auguste, l'institution de *baillis* nommés par le roi et révocables par lui, chargés de faire respecter les *forestæ*, de surveiller l'exercice des droits d'usage et de participer à la marque des arbres à réserver dans les coupes des forêts du roi (4). Ce prince ne s'en tint pas là. Par l'édit de Gisors, novembre

(1) Ch. de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations*.

(2) Alf. Maury, *loc. cit.*

(3) *Dictionnaire des Eaux et Forêts*. Discours préliminaire.

(4) De *bailli* dériverait le terme de *baliveau* par lequel on désigne les arbres à réserver, lorsqu'on effectue la coupe des taillis. Cf. G. Huffel, *op. cit.*, t. I, p. 211.

1219, complété plus tard par celui que Louis VIII rendit en décembre 1223 à Montargis, il fut porté règlement administratif concernant les forêts du domaine royal. Il s'y agit, entre autres, des gardes préposés à la surveillance de la forêt de Retz ou de Villers-Cotterêts — démembrement, avec la forêt de Compiègne, comme on l'a vu plus haut, de l'antique et immense *Cotia Sylva* ou forêt Cuise, mais dans une proportion beaucoup plus forte qu'aujourd'hui — et des immunités ou facilités accordées aux marchands de bois qui l'exploitaient. C'est dans ces édits que l'on voit pour la première fois figurer la charge de *Maître des Eaux et Forêts* (1).

A partir du règne de Philippe le Hardi, les ordonnances royales se succèdent à courts intervalles. Celle de ce souverain, en date de 1280, réglait l'exercice des droits d'usage concédés aux taillables et aux censitaires dans les forêts du roi ; elle les obligeait à recevoir par l'intermédiaire des *forestarii* les délivrances qui leur revenaient et prescrivait à ces officiers d'effectuer celles-ci « dans les lieux les plus propres et les plus convenables pour l'aménagement des forêts ». Les attributions de ces agents se trouvaient ainsi déterminées avec quelque netteté, pour la première fois depuis les capitulaires et la *lex emendata*, sorte d'adaptation par Charlemagne à son temps, de la loi des Francs Saliens.

Deux ordonnances de Philippe le Bel, en date d'août 1291 et mars 1302, mentionnent de nouveau les Maîtrises des Eaux et Forêts « établies pour la gestion des bois, rivières et étangs du domaine (2) ». Quelques années plus

(1) Huffel, *op. cit.*, t. I, p. 211.

(2) Cf. Jules Périn, *Traité du domaine public*, Introduction. — Baudrillart. *Recueil chronologique des règlements forestiers*. Pour la première fois, on voit apparaître, au commencement du XIVe siècle, appendu à un acte du 11 novembre 1306, un *sceau* forestier, celui de « Frère Ebbin, Watgrave *(forestarius)* en Flandre ». Ce sceau représente une main brandissant une cognée (Cf. J. Roman, *Les sceaux des forestiers au moyen âge*, dans MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE DES ANTIQUAIRES DE FRANCE).

R. Cabarus, *Origine et Transformations de l'administration forestière*, dans REVUE DES EAUX. ET FORÊTS, 1864. Alf. Maury, *loc. cit.*

tard, de nouvelles ordonnances dues à Philippe le Long (1318) et à Charles le Bel (1326), fixèrent avec plus de précision les attributions des Maîtres des Eaux et Forêts. Ceux-ci eurent sous leurs ordres, à partir de 1552, des agents désignés par les qualifications bizarres de *gruyers* et *sergents dangereux*. Le gruyer était chargé de la *grurie*, c'est-à-dire de la gestion du produit de la forêt appelé anciennement *gru*, sans doute du mot δρῦς qui signifie chêne et, par extension, arbre ou bois. Les attributions du sergent dangereux concernaient l'exercice du droit de *tiers et dangier*. Ce droit consistait dans une sorte de copropriété ou d'impôt que prélevait ou s'attribuait le souverain ou le seigneur, tantôt sur le fond même de la forêt — *grairie* ou *segrairie* (1) — tantôt sur son fruit ou produit — *gru*, *grurie*. Ces droits s'exerçaient au moyen de la perception, par le souverain ou le suzerain, 1° du *tiers* du produit de la vente des coupes de bois, 2° du *dixième* de ce même produit (2).

Cette charge, créée sous Henri II, sera supprimée en 1669 lors de la célèbre ordonnance préparée par Colbert, et sera remplacée par celle de garde général des Eaux et Forêts, réunissant également les attributions de sergent traversier, de maître-garde et de routier (3).

C'est par deux ordonnances de Philippe de Valois, 29 mai 1346, que fut constituée d'une manière générale

(1) *Agraris*, *agrarius*, de *ager*.

(2) *Decimum denarium*, d'où, par abréviation, *dangerium*. Le droit de tiers et danger était surtout exercé en Normandie, et avait été réglementé par Louis X, dans la charte aux Normands confirmée plus tard par François Ier, dont il a été parlé plus haut ; elle exceptait les *morts-bois*, dont elle donnait la liste, de l'exercice du droit de tiers et danger.

En Lorraine existait un droit analogue sous le nom de *tiers denier* (cf. Huffel, *loc. cit.*, p. 231).

(3) D'après M. Roman, dans le mémoire cité plus haut, les charges forestières, même les plus humbles, étaient fort recherchées de la noblesse, qui ne dérogeait point en les occupant. Des chambellans du roi étaient maîtres enquêteurs ; des écuyers appartenant parfois à de très grandes familles étaient simples gardes. Tout ce qui tenait soit à la vénerie soit à la gestion des forêts était prisé très haut.

en France l'administration forestière. Dès 1318, les Maîtres des Eaux et Forêts avaient été soumis à la direction d'un « Maître-inquisiteur ». Philippe VI le remplaça par un « Réformateur général des Eaux et Forêts du Royaume ». Durant la captivité du roi Jean le Bon, son fils Charles, régent, crée la charge de « Grand-Maître des Eaux et Forêts » et, devenu roi de France après la mort de son père, relève, pour l'adjoindre à ce titre, la qualification de Réformateur général, faisant assister ce haut fonctionnaire par six « Maîtres enquêteurs » (1366). Enfin, par une ordonnance rendue en 1376 et portant *Règlement général des Eaux et Forêts*, Charles V le Sage, voulant remédier à bien des abus, compléta les dispositions édictées par Philippe VI. Le nombre des Maîtrises fut fixé et porté à dix ; les attributions des titulaires en furent nettement déterminées ainsi que leurs gages et émoluments (nous dirions aujourd'hui leur traitement) et leurs vacations (nous dirions aujourd'hui leurs frais de tournées). Les ventes de coupes de bois dans les forêts royales, que l'on voit mentionnées dès 1219 dans l'édit de Gisors, puis, en 1318, dans l'ordonnance de Philippe V, furent l'objet de nouvelles dispositions.

La charge de Grand-Maître ne tarda pas à être répartie entre plusieurs têtes. C'est à la multiplication de ces hautes fonctions que se rattache l'extension de la célèbre juridiction des *Tables de marbre*, bien qu'elle existât à Paris dès le XIIIe siècle (1). C'étaient des sortes de cours d'appel en matière forestière. Les « Maîtres » — plus tard « Maîtres particuliers » — exerçaient une sorte de juridiction de première instance ; ils jugeaient même sans

(1) Elle siégeait dans une salle du Palais de justice où se trouvait une table de marbre. De là son nom, que prirent par la suite les cours ou tribunaux d'appel analogues qui furent constitués vers la fin du XIVe siècle. Cf. Huffel, *loc. cit.*, p. 315. — La *Table de marbre* de Paris, composée de plusieurs pièces, était une curiosité que les voyageurs avaient soin de visiter. Jean de Jandun au XIVe siècle, Gilbert de Metz au XVe siècle en font mention. Elle disparut dans un incendie en 1618 (J. Roman, *loc. cit.*).

appel en matière réputée peu grave, mais c'était aux Tables de marbre qu'était réservée la connaissance des appels dans les affaires plus importantes.

La juridiction spéciale en matière forestière, dit M. Huffel, remonte très haut. Dès le IXe siècle, sous les Carolingiens, elle était exercée par des *maires (majores* ou *villici)* sous la haute autorité du *judex*, lui-même subordonné au comte *(Comes)*. Plus tard, Philippe-Auguste, par l'édit de Gisors mentionné plus haut, reconnut la compétence juridique des *forestarii* en matière forestière dans la vaste forêt de Retz (Villers-Cotterêts) ; l'édit de Montargis, rendu à quatre ans de là par Louis VIII, étendit ces attributions ; et l'on voit dès lors les maîtrises constituées en tribunaux connaissant de tous les crimes et délits commis dans les forêts. Une refonte générale de tous les édits et ordonnances antérieurs eut lieu en 1402, sous le règne du malheureux Charles VI, en une ordonnance d'ensemble composée de 76 articles.

Toutes ces mesures prises par nos rois dans la suite des siècles, et par lesquelles se constitua peu à peu l'administration des forêts en France, avaient un but de protection de cette richesse du sol. Elles tendaient aussi à venir en aide aux populations, victimes souvent des prétentions parfois exorbitantes des seigneurs féodaux, d'où résultait l'extension excessive des surfaces boisées, surtout pendant les périodes de guerre. La peste, la famine n'étaient que trop souvent, surtout aux XIe et XIIe siècles, nous l'avons vu, la suite de ces événements, la terre, envahie par les bois, ne subvenant plus suffisamment à la subsistance de l'homme.

D'autres fois se succédaient des périodes de vraie dévastation amenées par les défrichements, par l'extension abusive des droits d'usage, par les besoins croissants de la consommation et des industries naissantes. Puis les guerres, par leurs sanglantes hécatombes d'hommes, créaient, dans bien des contrées, la solitude. Il existe

un grand nombre d'actes du XVe siècle par lesquels il était offert à qui voudrait se fixer dans telle ou telle seigneurie autant de terre arable qu'il en pourrait cultiver, ainsi que tout le bois qui lui serait nécessaire soit pour son chauffage, soit pour la construction et l'entretien des habitations. Ce n'était là du reste que la suite d'une tradition aussi vieille, peut-on dire, que la monarchie elle-même et que l'on a vue déjà s'exercer sous les ducs et comtes de l'ère carolingienne. Cet appel des seigneurs féodaux à la population paraît s'être grandement généralisé du XIIIe au XVIe siècle. Il se forma ainsi des populations d'*hospites nemorum*, et ces hôtes des bois, exploitant sans ordre et surtout sans règle ni limites fixes, allaient parfois jusqu'à défricher le sol des coupes qui leur avaient été concédées et souvent des terrains avoisinants ; et cela ne résultait point d'un mauvais esprit de destruction, mais de l'ignorance des règles d'une exploitation normale et mesurée. C'est encore ce qui se passe aujourd'hui dans les immenses forêts du Nouveau-Monde : États-Unis ou Dominion canadien. Voulait-on apporter quelque restriction à un mode d'exploitation aussi ruineux, c'étaient alors les *hospites* qui se trouvaient ruinés eux-mêmes et ne pouvaient plus vivre : il fallait donc tolérer ce qui ne pouvait être empêché.

Une autre cause de déprédation provenait aussi, il est triste mais nécessaire de le reconnaître, des tolérances intéressées mais coupables, voire des malversations directes perpétrées par les officiers forestiers eux-mêmes.

C'est en vue de mettre un terme à de tels excès que François Ier rendit ses célèbres ordonnances. Par celle de 1515, il rappelait les précédentes, notamment celle de Charles V et aussi celle de 1402, toutes plus ou moins tombées en désuétude, comme en faisaient foi « les pilleries, larcins et abus faicts aux eauës et forests du royaume au grand dégast et destruction d'icelles TANT PAR LES OFFICIERS ROYAUX qu'autres », pour employer le langage

même de l'ordonnance. Une autre suivit en 1518 qui étendait, d'une manière facultative, la législation forestière concernant jusqu'alors les seules forêts royales, aux forêts de tous les sujets du roi, nobles, vassaux ou autres. Enfin deux ordonnances de 1543 et 1545 étendirent à toutes les forêts du royaume, sans distinction du mode de propriété, la compétence des tribunaux forestiers, maîtrises et Tables de Marbre (1). Les forêts privées se trouvaient ainsi placées sous la juridiction du service forestier.

Un édit de Charles IX, en date de septembre 1563, nous apprend indirectement que l'usage avait été jusqu'à lui de couper les taillis à l'âge de six ou sept ans, au moins dans les bois des particuliers, puisqu'il interdit à ceux-ci, sous peine d'amende et de confiscation des bois abattus, de couper leurs taillis avant l'âge de dix ans (2).

Deux ans auparavant, en septembre 1561, il avait prescrit, dans toutes les forêts du domaine et des communes, la réserve du tiers de leur contenance pour laisser le bois croître en haute futaie, proportion qu'il réduisit plus tard au quart, par le *Règlement* d'août 1573 (3). Un édit de la même année ordonnait une sorte d'aménagement des forêts du domaine par suite duquel elles devaient être exploitées en coupes réglées par dixième de la contenance. De plus on devait réserver dans toutes les coupes, aussi bien des

(1) Cf. Baudrillart, *Recueil des règlements forestiers*. — Cabarus, *Origine et Transformations de l'administration forestière*. — Alf. Maury, *Les Forêts de la Gaule et de l'ancienne France*. — C'est à partir de l'ordonnance de 1515 que s'établit l'emploi de sceaux généraux de l'administration forestière. Leur ornementation est exclusivement ou principalement empruntée à la production forestière, à la chasse et à la pêche, sauf un sceau de la Réformation du baillage d'Alençon appendu à un acte du 4 mai 1447 ; il représente les écus juxtaposés de France et d'Angleterre. Tous les autres — et M. Roman en reproduit une vingtaine — représentent des attributs d'Eaux et Forêts (Cf. J. Roman, *loc. cit.*).

(2) Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts*, Introduction.

(3) Ce « quart en réserve », confirmé ultérieurement par les ordonnances de 1597 et de 1669 a, depuis lors, toujours été maintenu dans les forêts communales, au moins dans celles qui sont traitées en taillis simples ou composés. Dans les sapinières, le quart en réserve est quelquefois prélevé, par volume, sur le chiffre de la possibilité ; mais il n'est pas obligatoire.

forêts royales que des autres, le nombre de baliveaux à l'arpent désigné par les édits ou ordonnances antérieurs.

L'état misérable d'un grand nombre de forêts qui avait motivé ces multiples prescriptions, n'était cependant pas universel. La Provence, notamment, où la tradition et la coutume avaient exercé une influence conservatrice, était encore si riche en bois que, si l'on en croit une statistique des Bouches-du-Rhône mentionnée par M. de Ribbes, lors du voyage que fit Charles IX, en 1564, en cette province, il fallut faire abattre « les pins qui, descendant des flancs de Septèmes, resserraient la route au point de fermer passage au carrosse du roi (1) ». En Normandie et dans quelques autres provinces, des mesures analogues à celles prescrites par les ordonnances de ce prince avaient été déjà prises, et depuis longtemps, par les seigneurs suzerains de ces provinces.

Henri III, frère et successeur de Charles IX, voulut assurer l'exécution de la clause des mises en réserve ordonnées par son prédécesseur. A cet effet il prescrivit, par un édit en date de 1583, de frapper de l'empreinte d'un marteau spécial tous les arbres réservés, créant pour l'exécution de cette clause une charge particulière, la charge de *garde-marteau*, et rendit en 1588 une nouvelle ordonnance, stipulant que les mises en réserve ne devaient être exploitées que dans le cas de besoins exceptionnels et à titre de coupes extraordinaires. Dans ce temps-là les budgets ne se chiffraient pas par milliards ; aujourd'hui les ressources que pourraient donner les quarts en réserve, dans les forêts domaniales, s'ils y avaient été maintenus, ne représenteraient guère plus, relativement à l'ensemble du revenu de l'État, qu'un verre d'eau dans la Seine ou dans la mer.

Malheureusement les heureux résultats que devaient

(1) *Statistique des Bouches-du-Rhône*, t. IV, p. 28, citée par Ch. de Ribbes dans *La Provence au point de vue des bois et des inondations*.

produire ces diverses mesures furent amoindris par l'attribution de la vénalité aux offices forestiers tout le long de la hiérarchie. Déjà Henri II avait, par un édit de 1552, rendu héréditaires ces offices jusque-là réservés au choix du souverain parmi les sujets les plus dignes. Des tentatives avaient bien été faites, à diverses époques, pour les rendre vénaux ; mais elles avaient toujours rencontré l'opposition royale, comme le prouvent les ordonnances de Charles VII (1453), de Charles VIII (1493), de Louis XII (1498) et de François Ier (1535). Henri II et Henri III, ce dernier surtout en vue de combler les vides causés au Trésor par les fastes d'une cour corrompue, non seulement firent argent de la vente des charges forestières, mais en augmentèrent exagérément le nombre. On supprima, il est vrai (1575), l'office de *Réformateur général*, qui existait depuis plus de deux siècles, mais pour élever les six « Maîtres enquêteurs », créés par Charles V, à la dignité de Grands Maîtres, et une « Table de marbre » fut instituée auprès de chaque grande-maîtrise. Les titulaires de ces nouveaux offices avaient payé cher leurs charges, ce qui avait sans doute regarni quelque peu les coffres appauvris de la Couronne, mais avait incité les officiers royaux à se récupérer sur le produit des forêts soumises à leur juridiction. Sous les qualifications de « gages », de « taxations », de « chauffage », qu'ils s'étaient fait attribuer, le plus clair de ces produits passait entre les mains des bénéficiaires (1). L'abus aurait même été aggravé, en 1586, par l'invention de l'*alternativité* des emplois : deux personnes (plus tard

(1) Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts*, Introd. Ils envoyaient aussi dans les forêts leurs bestiaux en grande quantité. On avait essayé, mais sans succès, en 1539, de supprimer ces tolérances. On parvint cependant à les réglementer en 1578, mais à quelles conditions ! Les Grands-Maîtres eurent droit annuellement à 50 cordes correspondant à 193 stères de bois ; les Maîtres particuliers à 25 cordes ou 97 stères ; les autres officiers (lieutenants, procureurs du roi, gruyers, etc.), respectivement à 15, 10 et 6 cordes. — Cf. Huffel, *op. cit.*, pp. 315-316. Quand le nombre des grandes-maîtrises fut porté de 6 à 10, puis à 16 en 1689, à 17 ou 18 en 1720, on put se rendre compte de l'hécatombe d'arbres qui en résultait.

même trois en 1635, quatre en 1645) étaient affectées à la même charge à la condition de l'exercer alternativement d'année en année (1). Avec un tel régime, on le comprend sans peine, les forêts étaient mal conservées et l'appauvrissement qu'elles en éprouvèrent dépassa les profits momentanés que la vente de tous ces offices avait pu apporter dans les coffres du Trésor royal. Du reste, les troubles politiques, la Ligue, les difficultés pour la succession au trône soulevées après la mort d'Henri III, étaient en eux-mêmes plus que suffisants pour empêcher les sages réformes en matière forestière de François Ier et de Charles IX de porter leurs fruits, indépendamment même des autres causes qui viennent d'être signalées. Ces causes elles-mêmes s'en trouvaient renforcées ; car si, d'une part, on faisait argent de la multiplication des charges vénales, d'autre part, on n'abusait pas moins des ventes de *coupes extraordinaires* et l'on concédait en même temps des droits d'usage à titre onéreux dans les forêts du domaine. Il faut croire que la décadence forestière se faisait sentir jusqu'en Provence ; car on cite des doléances exprimées en 1572 par les États de Brignoles au sujet des progrès du déboisement dans la contrée (2).

IV

SOUS L' « ANCIEN RÉGIME » PROPREMENT DIT

C'est ce triste état de choses que trouva Henri IV

> *Quand*, par droit de conquête et par droit de naissance,
> Il monta sur le trône.

Il eut à relever bien d'autres ruines encore à la suite de l'odieuse et funeste domination de Catherine de Médicis

(1) Huffel, *op. cit.*, p. 315.
(2) Ch. de Ribbes, *La Provence au point de vue des bois et des inondations.*

et du triste règne de Henri III. Arrivant au souverain pouvoir en pacificateur et en restaurateur de toutes choses, il ne pouvait pas ne point comprendre les forêts dans sa sollicitude. Il avait d'ailleurs pour ministre Sully. Est-ce à celui-ci ou à Colbert, cet autre grand ministre, que doit être attribuée la fameuse parole : « La France périra faute de bois » ? Peu importe d'ailleurs. La sage et avisée prévoyance qu'elle dénote était également digne de ces deux grands hommes.

Par un édit rendu à Rouen en janvier 1597, Henri IV ordonne une visite générale des forêts du royaume en vue d'en reconnaître l'état et d'étudier le meilleur mode d'exploitation à leur appliquer. Les coupes extraordinaires, dont il avait été tant abusé, sont interdites, et révoqués tous les droits d'usage ou de chauffage concédés depuis François Ier à titre gratuit. Quant à ceux qui avaient été concédés à titre onéreux, la question de leur rachat devait être étudiée. Étaient supprimés en principe les offices et charges créés dans un but fiscal, moyennant remboursement aux titulaires du prix par eux versé. Enfin il serait procédé à une sorte de cadastre du sol boisé.

Ces sages mesures ne purent être que partiellement exécutées. Le « nerf de la guerre », qui est aussi le nerf des mesures utiles et des améliorations fécondes, fit défaut. On ne put réunir les fonds nécessaires pour désintéresser les possesseurs des charges achetées, pour racheter les droits concédés à titre onéreux, pour réunir et rémunérer des géomètres et arpenteurs en vue de faire un relevé général de toutes les forêts de France.

Peut-être cependant ce qui ne put être réalisé d'abord l'eût-il été peu à peu, par la suite, si la politique avisée du Béarnais n'eût pas été brusquement arrêtée avec sa vie par le poignard de Ravaillac. Richelieu et Mazarin, sous le règne de Louis XIII et la minorité de Louis XIV, eurent d'autres visées. C'est à Colbert, le grand ministre du roi Louis le Grand, que revient l'honneur d'avoir com-

pris le dommage résultant pour le royaume de la pénurie croissante des bois et surtout des bois de fortes dimensions nécessaires à notre marine. Il représenta cet état de choses à son souverain. Celui-ci avait un mérite qui ne lui a jamais été contesté : il savait apprécier les hommes de valeur, les honorer et les écouter. Sur les indications de son ministre, il forma en 1661 un *Conseil de réformation des Eaux et Forêts ;* il le composa de hauts magistrats, d'intendants, de jurisconsultes, de Grands-maîtres et mit à leur tête le Premier-président de Lamoignon.

Le travail de ce conseil se poursuivit jusqu'au 13 août 1669. On étudia avec soin toutes les législations antérieures, on s'éclaira des rapports que produisirent vingt et un commissaires réformateurs envoyés vers tous les centres forestiers du royaume pour en examiner par eux-mêmes l'état et la situation.

Une vaste enquête fut ouverte auprès des chefs de tous les services forestiers, des procureurs généraux, des directeurs des ateliers de la marine, des jurisconsultes (1).

Une des premières mesures que proposa le Conseil fut la « fermeture » de toutes les forêts du domaine royal. Dans le cas de ces situations extrêmes où des remèdes radicaux s'imposent, il n'est guère que des souverains absolus, comme Louis XIV ou Napoléon, pour être de taille à les faire appliquer. La fermeture des forêts était un de ces remèdes. Elle dura huit ans pendant lesquels ni aucune coupe ne fut effectuée, ni aucun usager ne reçut délivrance de bois ou n'envoya des bestiaux en forêt.

Enfin le 13 août 1669 fut rendue la célèbre ordonnance sur *le fait des Eaux et Forêts*, vrai chef-d'œuvre de législation et d'une législation si prévoyante, si profondément étudiée, que nonobstant la différence des temps et les transformations essentielles apportées à l'ordre social depuis lors, « le code forestier de 1827, écrit M. Huffel,

(1) Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 247.

s'en est inspiré presque partout ». Cet auteur ajoute même que l'étude de ce document est, encore aujourd'hui, indispensable à quiconque désire se pénétrer de l'esprit de la législation forestière de nos jours (1).

Notre but n'étant pas de faire ici une étude spéciale et détaillée de cette législation, nous n'analyserons pas les trente-deux titres dont se compose l'Ordonnance et le préambule qui les précède. On trouvera du reste cette analyse dans l'ouvrage de M. Huffel si souvent cité dans la présente étude. Il nous suffira d'en indiquer les grandes lignes. Ce monument législatif entraîna une sorte de révolution — bienfaisante celle-là — dans l'état et la gestion des forêts. Elle s'appliquait non seulement à celles du domaine royal, mais aussi aux forêts qui étaient tenues en grurie, grairie, segrairie, tiers et danger, apanage, engagements par indivis ; aux bois dépendant des biens de l'Église et gens de main-morte, des communautés et habitants des paroisses.

L'administration prit, dans toute l'étendue du royaume, un caractère d'uniformité qui rentrait bien dans l'esprit dominateur et centralisateur du grand roi. Les six Grandes-maîtrises, créées par Henri III en 1575, furent conservées et subdivisées en cent trente maîtrises particulières. Chaque maître particulier avait sous ses ordres un lieutenant, un garde-marteau, un garde-général, deux arpenteurs et des gardes. En outre, il était institué un gruyer pour gérer ou surveiller les forêts écartées et hors de portée des autres officiers. A chaque maîtrise particulière était attachée une magistrature spéciale, comme à chaque Grande-maîtrise une Table de marbre. Ce pouvoir juridictionnel connaissait de toutes les affaires administratives en matière forestière et même des questions de propriété jusque dans les forêts privées, à la demande toutefois des propriétaires. Mais les causes criminelles, confiées

(1) G. Huffel, *op. cit.*, p. 247.

antérieurement aux tribunaux des Eaux et Forêts, leur furent retirées. Néanmoins, de fréquents conflits furent suscités d'une part entre ces tribunaux et les parlements, jaloux d'attributions judiciaires indépendantes d'eux, d'autre part avec les seigneurs hauts justiciers qui avaient également des tribunaux forestiers dans leurs juridictions.

Aussi les premiers obtinrent-ils, trente-cinq ans plus tard (1704), la suppression de la plupart des Tables de marbre (1), et les seconds un édit de mars 1707 faisant droit à leurs réclamations : il était créé dans la juridiction de chaque seigneur haut justicier des offices héréditaires de juges gruyers, procureurs du roi et greffiers ayant mêmes attributions que les officiers de même nom dans les Maîtrises (2). En la même année une mesure fâcheuse fut motivée par la pénurie des finances : on rétablit l'alternativité des offices qui, de biennaux ne tardèrent pas à devenir triennaux, puis même, dans certaines provinces, dit M. Huffel, quadriennaux.

Malgré tout, l'action bienfaisante de l'ordonnance de 1669 s'exerça, sans atteintes essentielles, jusqu'à la Révolution, qui devait bouleverser le service forestier comme elle bouleversera l'ordre social tout entier.

La restriction dans des limites raisonnables et la sage réglementation des droits d'usage furent un autre et heu-

(1) Cf. G. Huffel, *op. cit.*, p. 317.

(2) Cf. Baudrillart, *Dictionnaire des Eaux et Forêts*, Introd., p. 70. — L'hérédité était aussi accordée aux offices forestiers des Grandes-maîtrises et Maîtrises particulières, et ce privilège n'était pas sans avoir ses inconvénients. On n'ignore pas que notre immortel fabuliste, La Fontaine, occupait par droit d'hérédité la charge de Maître particulier, et que, s'il fut un poète de génie, il fut en même temps un pitoyable forestier. Peut-être toutefois est ce dans la contemplation des bois et dans l'observation des mœurs de leurs habitants, qu'il puisa l'inspiration de sa muse. S'il en est ainsi, pardonnons-lui sa nullite professionnelle ; le temps, « cet insigne larron », comme il disait, est aussi le grand réparateur et a eu beau jeu, depuis lors, de faire disparaître la trace des négligences du Maître particulier des Eaux et Forêts de Château-Thierry ; tandis que ses admirables Fables sont aussi goûtées après deux siècles et demi qu'aux premiers jours, et, tant que sera parlée la langue française, compteront parmi les chefs-d'œuvre de notre idiome.

reux résultat de la législation nouvelle. Ces droits avaient été, à diverses époques, multipliés au delà de toute mesure et pesaient lourdement sur toutes les forêts du royaume sans distinction. Tous ceux dont l'origine légitime ne put être établie furent supprimés, moyennant indemnité quand il y avait lieu ; les droits au bois de construction ou d'industrie furent ramenés à de justes limites.

Pour écarter d'autres abus, il fut aussi tracé d'utiles règles culturales. Il était prescrit de ne jamais exploiter les taillis au-dessous de l'âge de dix ans et d'y laisser croître jusqu'à quarante ans, âge minimum, seize baliveaux au moins par arpent (1). C'était peu, sans doute ; mais c'était du moins le principe de la réserve, sur les taillis, de brins destinés à croître en futaie ; et dans les bois traités en futaie pure, dix sujets par arpent devaient être maintenus sur pied jusqu'à cent vingt ans. Encore ces minima n'étaient-ils pas applicables aux forêts du domaine royal et des communautés ; on devait, chaque fois que l'exploitation revenait sur une coupe antérieure, respecter les réserves précédentes, tout en réservant en plus dix brins ou sujets de l'âge de la coupe en cours. Les sujets ainsi conservés ne pouvaient être abattus que sur ordonnance royale et seulement en cas de dépérissement bien et dûment constaté.

Dans les forêts ou portions de forêt restées à l'état de pleine futaie, l'Ordonnance prescrivait un système assez simpliste et assurément peu ou point « scientifique », mais qui n'en a pas moins été un sérieux progrès sur le désordre qui régnait auparavant, au point que la plupart des belles vieilles futaies qui font encore aujourd'hui la gloire de nos forêts domaniales, proviennent de l'emploi de cette méthode. Elle consistait à exploiter à blanc et de proche en proche par contenances égales, calculées d'après

(1) L'arpent forestier ou « Arpent des Eaux et Forêts » valait 51 ares 70 centiares de nos mesures métriques.

l'âge d'exploitabilité adopté. C'est la méthode dite de *tire et aire* (j'ai eu déjà occasion d'en parler, soit ici-même, soit dans les ANNALES [1]), dont le nom n'offre un sens logique qu'autant qu'on le considère comme une corruption de *tire A aire* ou *tirer aire*, ce qui signifierait : qui *tire à l'aire*, à la surface ou contenance.

Une observation analogue doit être faite au sujet de l'obligation de réserver dix brins de l'âge par arpent de coupe de taillis, en maintenant indéfiniment, dans les forêts soumises au régime forestier, tous les arbres réservés lors des exploitations précédentes. Il en est résulté, avec le temps, la substitution graduelle au régime du taillis simple d'une sorte de futaie irrégulière sur de médiocres taillis, qui a eu du moins pour heureux effet de préserver de la ruine un grand nombre de bois soumis.

Ce ne fut pas sans protestations et sans résistances que ces réformes et bien d'autres furent appliquées. Il s'agissait, dans beaucoup de cas, de revenir sur des habitudes plusieurs fois séculaires ; parfois d'ailleurs les mesures les plus désirables et les plus justifiées se heurtent à une invincible force des choses. C'est ce qui eut lieu, notamment dans certaines régions des Alpes et des Pyrénées, où le pâturage des moutons, rigoureusement proscrit par l'Ordonnance (tout comme, au surplus, par le code forestier de 1827) n'a jamais cessé d'être exercé. Nécessité fait loi plus que toutes les lois écrites.

Malgré tout, l'énergie de Colbert vint à bout de la plupart des oppositions. Il put même donner, bien que tardivement, satisfaction aux doléances des États généraux de 1614, qui s'étaient vivement émus de l'abus des *engagements*, en faisant rentrer par la suite au domaine de la Couronne un grand nombre de forêts engagées. Il est vrai que, d'après M. Huffel, il aurait consenti ensuite de nou-

(1) Tome XXIII, 2e partie, année 1899.

velles aliénations, comme, du reste, avant et après lui, Louis XIII, Louis XV et Louis XVI (1).

Les tribulations, au surplus, ne firent pas défaut par la suite aux malheureuses forêts. Ce fut, en 1709, un hiver d'une rigueur extraordinaire qui causa partout d'énormes ravages et fit périr une multitude d'arbres et de cépées. Les châtaigniers, notamment, jusqu'alors très abondants, succombèrent presque tous. Calamité plus terrible encore, les blés avaient gelé dans les emblavures, d'où suivit une affreuse disette ; les forêts durent y remédier, au moins partiellement, par des défrichements qui furent autorisés et même provoqués par des ordonnances, en vue d'arriver à une culture plus étendue. Il fallut bientôt réagir contre cette pratique ou y parer, et en 1719 le Régent fit rentrer quelques-uns des domaines engagés depuis 1669. De nouvelles disettes firent revenir aux défrichements, de 1762 à 1766; défrichements encore en 1772 pour installer dans les forêts et landes du Poitou 3000 Canadiens qui n'avaient pas voulu accepter la domination anglaise (2).

Bien que, d'après ce que nous apprend M. Huffel, Louis XVI ait consenti des aliénations ou engagements de forêts, ni plus ni moins que ses trois prédécesseurs, cependant, et malgré les tribulations qui viennent d'être indiquées, l'ère forestière qui s'étend de 1669 à la Révolution fut, en somme, une ère prospère comparativement aux temps qui l'avaient précédée. De concert avec Turgot, Louis XVI aurait même projeté des améliorations nouvelles et des mesures pour l'extension du sol boisé, jugée déjà trop faible proportionnellement à l'étendue du terri-

(1) Cf. G. Huffel, *op. cit.*, p. 223.

(2) Durant cette période, on peut relever cependant une mesure favorable à la conservation des forêts. Ce fut un arrêt de 1743 donnant une nouvelle et plus juste définition des morts-bois auxquels prétendaient d'innombrables usagers, et en excluant le charme, le tremble, les peupliers, le tilleul et les bouleaux. L'arrêt définissait comme morts-bois, les saules, aulnes, épines, sureaux, genêts, genévriers et ronces (Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 230). Aujourd'hui les saules et les aulnes ne comptent plus, et avec raison, parmi les morts-bois.

toire. Mais d'autres soucis, d'autres préoccupations absorbèrent l'attention du malheureux souverain, et bientôt se dessina, puis éclata le cataclysme révolutionnaire.

V

DE LA RÉVOLUTION A LA FIN DU SECOND EMPIRE

Au point de vue exclusif de l'extension du domaine de l'État, les premiers débuts de la Révolution ne furent point défavorables au sol forestier, puisque l'État s'empara, par décret du 4 novembre 1789, des biens de l'Église, notamment du clergé séculier, des ordres religieux et des séminaires. L'étendue totale des forêts domaniales se trouvait ainsi portée à 1 704 917 hectares (1), auxquels s'ajoutèrent, le 12 février 1792, 634 000 hectares confisqués aux émigrés. Si bien qu'après le traité de Bâle (1795), restitution éphémère à la France de sa frontière naturelle de l'est, la surface forestière domaniale comprenait 2 592 706 hectares. Une loi fut même portée le 23 août 1790 qui déclarait inaliénables les forêts du domaine. Une autre loi du 1er décembre de la même année (dans laquelle, par parenthèse, fut définie pour la première fois la différence entre le *domaine public*, comme les routes, canaux, ports, forteresses, etc., et le domaine privé *de la nation*, c'est-à-dire de l'État), le domaine de l'État est déclaré aliénable et prescriptible. Une restriction est formulée toutefois en faveur des forêts ; celles-là seules peuvent être vendues, qui ont moins de cent arpents (2) et sont à moins de mille toises (3) d'autres forêts, les grands massifs domaniaux continuant à rester inaliénables. Le

(1) D'après un rapport du Comité des Domaines à la Constituante en 1791. Cf. Huffel, *loc. cit.*, p. 224.

(2) 51 hectares des mesures actuelles.

(3) 1950 mètres.

minimum d'étendue et de distance fut élevé, par une loi de l'an IV (1797), à 163 hectares pour la première, et à 975 mètres pour la seconde.

Les bois des particuliers furent affranchis de toute tutelle ou ingérence administrative par une loi du 29 septembre 1791, et rentrèrent ainsi sous la législation du droit commun. Avec une apparence de conformité au principe d'égalité, cette mesure, favorable à certains égards au droit des propriétaires, privait d'autre part d'une protection suffisante cette propriété de nature toute spéciale. Ce défaut se fait sentir encore aujourd'hui. La même loi édictait une mesure plus fâcheuse encore : elle confiait aux municipalités et assemblées locales les bois des communes et communautés ou œuvres diverses, et aussi le soin « de veiller à la conservation des bois nationaux », conjointement, il est vrai, avec l'administration. Elle traçait également un plan nouveau pour la réorganisation de l'administration forestière, lequel d'ailleurs resta lettre morte ; mais l'abolition en principe des maîtrises eut pour effet d'affaiblir très sensiblement l'autorité des officiers forestiers ; cependant, l'ancienne organisation se maintint jusqu'en 1801, à l'exception toutefois des attributions judiciaires, qui lui avaient été retirées par la loi du 23 août 1790. C'est ainsi, comme le faisait remarquer naguère Jules Clavé dans ses *Études d'économie forestière*, que, seuls de l'ancien régime, les forestiers sont restés en fonction pendant toute la durée de la période révolutionnaire.

Les forêts, du reste, ne s'en sont pas trouvées mieux. Émanation de gouvernements et d'un ordre social disparus, ces malheureux forestiers n'avaient plus, vis-à-vis du public, ni prestige ni pouvoir ; ils furent impuissants à protéger les forêts qu'ils avaient mission d'administrer (1).

(1) Voir, dans le *Recueil des règlements forestiers* de Baudrillart, tome I, p. 494, l'*Instruction* de l'Assemblée nationale des 12 et 20 août 1790.

Tandis qu'on légiférait en haut lieu, les passions populaires surexcitées sous l'influence d'une atmosphère politique déjà chargée d'électricité, s'en prenaient aux forêts. Vainement Louis XVI par une proclamation du 3 novembre 1789, et l'Assemblée constituante par deux décrets des 11 décembre suivant et du 26 mars 1790, s'efforcèrent-ils de rappeler les populations à la légalité et à la modération. Leurs efforts furent vains. Ce fut pire encore sous l'empire de la loi de septembre 1791, dont il vient d'être parlé. Confier aux assemblées locales le soin « de veiller à la conservation des bois nationaux » et même de ceux des communautés qu'elles représentaient, c'était un peu comme si, de nos jours, on s'avisait de confier aux braconniers de pêche et de chasse la conservation des poissons et du gibier. Ce fut bientôt un sac, un pillage général. Michelet, dans son *Histoire de France*, trace un saisissant tableau de la furie des dévastateurs. « Ils escaladèrent, dit-il, le feu et la bêche à la main, jusqu'au nid des aigles, cultivèrent l'abîme, pendus à une corde. Les arbres furent sacrifiés aux moindres usages ; on abattait deux pins pour faire une paire de sabots. En même temps, le petit bétail, se multipliant sans nombre, s'établit dans la forêt, blessant les arbres, les arbrisseaux, les jeunes pousses, dévorant l'espérance. La chèvre surtout, la bête de celui qui ne possède rien, bête aventureuse, qui vit sur le commun, fut l'instrument de cette invasion démagogique, la terreur du désert (1). »

Ce lamentable état de choses fut encore aggravé par les usurpations d'un grand nombre de communes, principalement dans les forêts de l'État. Le prétexte en était une loi du 28 août 1792 qui autorisait les communes se disant usagères à faire examiner et régler leurs prétentions à dire d'experts. Il en résulta, de la part des communes riveraines, un véritable pillage organisé, et cela

(1) Cf. Meaume, *Comm. Code forestier*, tome I, p. 457, *ad not.*

dura de nombreuses années. Vainement une loi de 1803 (28 ventôse, an XI) prescrivit-elle aux usagers ou prétendus tels de produire dans les six mois les titres constatant leurs droits ; aucun titre ne fut produit. Au bout d'un an, le délai fut prorogé pour une nouvelle durée de six mois, portant peine de déchéance pour quiconque ne produirait rien. Sanction en grande partie vaine ; un petit nombre produisirent des titres dont fut reconnu le bien fondé partiel ou total, la plupart n'en produisirent aucun et, sauf quelques déclarations de déchéance, continuèrent, comme par le passé, à user de jouissances auxquelles ils n'avaient aucun droit.

On voit que la Révolution ne fut pas tendre aux forêts et au sol forestier. D'autant plus que, parallèlement à ces dévastations et pillages qu'elle était impuissante à empêcher, elle ne se priva pas d'aliéner, avec d'autres biens nationaux qu'elle avait du reste déclarés aliénables, plusieurs forêts domaniales déclarées pourtant *inaliénables* par les lois des 25 août et 1er décembre 1790.

Cependant la réunion de tous les pouvoirs entre les mains du prodigieux génie que fut Bonaparte, eut son contrecoup sur toutes choses. Le rappel des émigrés, dont furent exceptés cependant au début ceux qui avaient pris les armes pour la défense du Roi, amena une pacification partielle des esprits. Il devint possible de régulariser l'administration publique. Dès 1801, le corps forestier fut réorganisé sur de nouvelles bases et vit peu à peu lui revenir l'autorité morale dont il se voyait dépourvu depuis, surtout, la fameuse loi du 29 septembre 1791 qui, dans le vain espoir de relever son autorité méconnue, l'obligeait à partager ses attributions avec les assemblées locales.

Devenu empereur, Napoléon restitua quelques-unes des forêts confisquées aux émigrés et en aliéna, dit-on, quelques autres, sans qu'on puisse rien préciser à cet égard, les décrets impériaux qui s'y rapportent n'ayant pas été,

on ne sait pourquoi, inscrits au Bulletin des lois. En 1807, une statistique établie par les soins du service forestier fit connaître l'existence de 2 321 802 hectares de forêts domaniales dans la France d'alors, représentant un revenu de cinquante millions (1). Un décret impérial, en date du 8 mars 1811, ne contribua pas à agrandir la compétence et le savoir du personnel forestier. Il y fut stipulé que la moitié des emplois y serait réservée aux débris des armées, c'est-à-dire aux éclopés, à ceux que les blessures et infirmités contractées devant l'ennemi rendaient impropres désormais à faire campagne ; débris glorieux assurément, mais qui n'avaient pu puiser, au bivouac et dans les camps, les connaissances professionnelles indispensables à la bonne gestion des forêts. Aussi les forêts s'en tirèrent-elles comme elles purent. Cependant, d'après un recensement dont le ministre de l'Intérieur publiait les résultats le 25 février 1813, la France, qui ne comprenait pas moins, alors, de 130 départements, et englobait, entre autres territoires, les Pays-Bas, le Valois, une partie de la Westphalie, aurait possédé huit millions d'hectares de bois et forêts — chiffre assurément trop faible dans son ensemble — dont moins de 1 800 000 hectares aux particuliers, et le surplus, soit 6 200 000, à l'État et aux communes. Il y a ici, visiblement, comme le note avec raison M. Huffel, une supériorité proportionnelle inadmissible des forêts domaniales et communales sur les forêts privées. La totalité des bois particuliers de la France actuelle, non pas de la France de 1813, est évaluée à près de sept millions d'hectares ; comment n'eût-elle été que de moins de deux millions d'hectares avec une quarantaine de départements de plus ?

Quelle qu'ait été l'étendue réelle et proportionnelle des forêts publiques et privées dans l'éphémère empire de 1813, elle dut être réduite de son chiffre normal après

(1) Cf. Huffel, *loc. cit.*, tome I, pp. 225 et 226.

les désastres consécutifs au retour de l'île d'Elbe ; ils contraignirent Louis XVIII à abandonner des territoires qu'avaient respectés les Alliés après la première invasion. On a indiqué, dans la première partie de la présente étude, les aliénations de forêts auxquelles le malheur des temps avait conduit la Restauration à se résoudre. C'est à elle toutefois que revient le mérite d'avoir créé, en 1824, l'école forestière de Nancy qui devait fournir, et qui a fourni, en effet, une suite ininterrompue d'agents capables, fortement imbus des saines traditions du métier, en remplacement graduel du personnel très inférieur instauré par Bonaparte au profit des invalides de l'armée. Trois ans plus tard furent promulgués le Code forestier et l'ordonnance réglementaire disposée pour son exécution. Cette législation survenait après une laborieuse préparation due à une commission spéciale nommée à cet effet en 1822 ; elle compléta définitivement l'œuvre de restauration du service destiné à la conservation et à l'amélioration du domaine forestier de la France.

Le Code forestier a pris pour base l'ordonnance de 1669, en éliminant de celle-ci les dispositions qui répondaient seulement à un état de choses disparu sans retour, mais adaptant les autres à l'état social nouveau créé par les événements. Retouché, modifié ou étendu dans quelques-uns de ses détails, principalement sous le second Empire, le Code forestier promulgué par le roi Charles X, le 31 juillet 1827, règle encore aujourd'hui la gestion des bois de l'État, des départements, des communes et des établissements publics.

On peut citer parmi ces modifications et développements :

Le décret impérial du 19 mai 1857 prescrivant le dégrèvement des droits d'usage dans les forêts domaniales par le cantonnement des usagers ; la loi du 18 juin 1859, portée précisément en revision de celle de 1827, et qui adoucit les rigueurs de la répression par la faculté laissée

à l'administration de *transiger* avec les délinquants, moyennant paiement d'une certaine amende transactionnelle toujours inférieure à l'amende légale encourue ; la loi du 22 novembre de la même année, modifiant dans un sens plus libéral à certains égards, plus restrictif à d'autres, la législation relative au défrichement des bois des particuliers; les lois de 1860, de 1864 et d'années subséquentes sur la restauration des montagnes par boisement et gazonnement. Mentionnons aussi la loi beaucoup moins heureuse du 11 juillet 1866, par laquelle les forêts domaniales étaient affectées à la caisse d'amortissement. C'est en conséquence de cette disposition que la loi des finances du 18 du même mois autorisait l'administration, comme on l'a vu plus haut, à aliéner des forêts de l'État jusqu'à concurrence de 2 500 000 francs.

En 1872, après la perte de l'Alsace et d'une partie de la Lorraine, après la restitution aux princes de la maison d'Orléans des biens que leur avait confisqués le prince Louis Bonaparte, le domaine forestier de l'État comprenait seulement 963 873 hectares. Depuis lors de nombreuses acquisitions s'ajoutant à celles antérieurement faites en vue des travaux de reboisement, ont porté ce chiffre à celui de 1 155 788 hectares au 1er janvier 1903.

VI

FORÊTS COMMUNALES ET FORÊTS PRIVÉES

Dans les exposés qui précèdent, il n'a été parlé que très incidemment des forêts communales et de celles des particuliers. Nous avons vu, au paragraphe II, que le point d'origine de la plupart de nos communes rurales peut se rattacher au *fundus* gallo-romain ; qu'à la suite de la répartition déterminée par le travail des *agrimensores*, des forêts ou portions de forêts avaient été attri-

buées aux *vici* ou, à titre onéreux et par concession des *equites*, aux *villæ*, ou enfin partagées par l'*eques* aux habitants du *fundus* attachés à l'*ager*, lesquels y prenaient tout le bois dont ils avaient besoin. Les tribus germaines, mêlées aux populations gallo-romaines à la suite des invasions du ve siècle, apportant de leurs pays d'origine des habitudes analogues, cet état de choses se continue, sans qu'il y eut toutefois de démarcation bien tranchée entre ce qui appartenait aux groupes ou agglomérations d'habitants considérés comme tels, et ce que ces mêmes habitants possédaient *ut universi*, c'est-à-dire en commun mais individuellement (1).

Mais la propriété communale nettement et juridiquement établie ne prit guère naissance qu'à partir du XIIe siècle. Ce fut alors que, pour réunir ou rappeler les populations éloignées par l'extension abusive des bois dans les *forestæ*, les seigneurs leur concédèrent des droits divers et des franchises stipulés dans des chartes, leur reconnaissant tantôt une possession forestière ancienne, tantôt une propriété constituée par l'acte même d'affranchissement, soit par don ou par vente sous certaines conditions, comme, par exemple, l'interdiction de défricher ou d'aliéner. Par la suite, des forêts communales furent constituées en grand nombre par voie de cantonnement, les seigneurs préférant céder en pleine propriété aux communes vassales une partie de leurs forêts afin d'affranchir le surplus. C'est surtout à partir des XIIIe et XIVe siècles que la possession de forêts par les communes prit une grande extension : la propriété communale y était toutefois soumise à certaines restrictions qui variaient de fait et de nom suivant les provinces ou les

(1) M. Huffel cite un cas tout particulier et fort curieux d'une forêt de 300 hectares que les habitants de la ville de Dôle (Jura) possèdent *ut universi*, d'après un droit de possession remontant à l'époque gallo-romaine. Certaines forêts communales provenant de l'ancienne abbaye de Wissembourg en Alsace étaient encore possédées au XIIIe siècle comme *sylvæ communes* remontant aux temps mérovingiens. Cf. Huffel, *op. cit.*, p. 229.

seigneuries, lesquelles, supprimées à la Révolution, furent uniformément remplacées par la tutelle de l'État.

L'une de ces restrictions, la plus onéreuse et souvent abusive, consistait dans le droit de *triage* que se réservait le seigneur ou ses descendants sur les bois qu'il avait donnés, non vendus à des communautés, et qui consistait dans le tiers des produits, voire parfois de la propriété, même acquise à titre onéreux. Les rois de France intervinrent souvent pour réprimer cet abus. Louis XIV révoque même, en 1667, tous les triages établis depuis moins de trente ans avec défense d'en établir de nouveaux, faisant en même temps remise de tous les triages existants sur le domaine royal. Si l'ordonnance de 1669 reconnut ce droit, ce fut en le limitant rigoureusement au cas où il provenait de concession gratuite et à la condition que les deux tiers restant à la communauté fussent suffisants pour satisfaire à ses besoins.

La suppression définitive du droit de triage et des autres droits d'origine féodale à partir de 1790, n'alla pas sans donner naissance à d'autres abus en sens contraire. Déjà nous avons signalé les funestes effets, sur les forêts de l'État, des facultés excessives concédées aux communes de la situation de ces forêts et aux communes usagères. La révocation, en 1790, de tous les triages établis depuis moins de trente ans, fournit prétexte à un certain nombre de communes de s'emparer de bois domaniaux ou autres et de terrains vagues, en excipant de prétendues usurpations anciennes qui n'avaient jamais été faites. Abus aggravé encore à la suite d'une loi de 1792 étendant les révocations de triages à tous ceux qui avaient été établis depuis 1669, et surtout d'une autre loi, en date du 11 juin 1793, laquelle établissait présomption de propriété communale sur tous les biens connus « sous le nom de terres vaines et vagues, bois

communaux, hermes (1), vacants, etc. », sauf le cas où le détenteur pourrait présenter un acte authentique d'achat, à l'exclusion des titres « émanant de la puissance féodale » (2). Bien mieux, les revendications éventuelles prévues par cette loi furent soumises à une juridiction d'arbitres locaux jugeant sans appel. Ce fut bientôt un véritable brigandage aux dépens du domaine national, qui eût fini par y passer tout entier; d'autant plus que dans beaucoup de communes les populations n'avaient pas eu la patience d'attendre le travail des arbitres cependant si complaisants. Heureusement une réaction salutaire ne tarda pas à se produire. Deux lois de l'an IV (1797) supprimèrent la juridiction arbitrale et autorisèrent l'appel des décisions prises par les arbitres ; et deux autres lois, l'une de l'an VII, l'autre de l'an XII prescrivirent la revision générale de toutes les opérations de l'espèce exécutées en vertu de la loi du 11 juin 1793. Malheureusement une partie seulement des bois usurpés par les communes fit retour à l'État. Les biens qu'un grand nombre de communes s'étaient appropriés sans intervention d'arbitres leur sont restés, et finalement le domaine forestier des communes s'est, à la faveur de la période révolutionnaire, sensiblement accru au détriment du domaine de l'État. L'annexion de la Savoie et de Nice, sous le Second Empire, a enrichi le premier de 170 000 hectares. Le second avait été réduit durant la période de 1852 à 1870, non seulement par les aliénations dont nous avons parlé, mais aussi par de nombreux cantonnements d'usagers, qui avaient augmenté d'autant le premier. Le traité de Francfort, à la suite de l'année terrible, a diminué l'un et l'autre, celui des communes de 200 000, celui de l'État de 97 000 hectares.

(1) *Hermes* ou plutôt *ermes* (de ἔρημος, désert), « nom donné dans la Drôme aux terres vagues ou laissées sans culture ». *Dictionnaire* de Larive et Fleury.

(2) Cf. Huffel, pp. 231-232.

Actuellement les communes, auxquelles il faut ajouter les hospices et autres établissements publics, possèdent 2 215 000 hectares de forêts dont 1 918 000 seulement sont soumises au régime forestier, c'est-à-dire à la tutelle de l'État.

Il y a peu de choses à dire sur la propriété forestière purement privée. De la naissance de la féodalité au XVIe siècle, il ne paraît pas qu'il y ait eu des forêts ayant eu d'autres propriétaires que le Roi, les communautés religieuses ou civiles et les seigneurs. Il en avait été autrement aux temps gallo-romains et mérovingiens ; mais les contrats de vassalité firent peu à peu passer les domaines privés sous la domination des suzerains. Ce n'est que vers la fin du moyen âge que la propriété forestière privée prit de l'extension. Elle s'élevait, en 1789, à 4 500 000 hectares environ.

Depuis lors elle s'est accrue d'abord de toutes les aliénations de bois de l'État réalisées durant le siècle qui a suivi, puis des nombreux boisements effectués par les particuliers dans le cours du XIXe siècle, notamment dans les Landes, en Sologne et dans la Champagne Pouilleuse, et aussi en montagne ou sur des terres peu favorables à la culture. On croit pouvoir évaluer à 1 100 000 hectares les massifs forestiers créés par les particuliers dans le cours du dit siècle. Si la propriété forestière privée s'est appauvrie en France de ce qu'elle possédait en Alsace-Lorraine, elle s'est d'autre part accrue des contrées plus riches en bois particuliers de Nice et de la Savoie.

Il faut tenir compte aussi des défrichements, dont les autorisations demandées et obtenues ont suivi une marche ascendante de 1828 à 1866 pour diminuer rapidement depuis lors, à la suite des nombreux mécomptes éprouvés. Le total de ces autorisations accordées de 1828 à 1902 inclusivement s'élève à 481 761 hectares ; mais la quantité réellement défrichée est notoirement inférieure à ce chiffre.

En fin de compte, d'après la statistique agricole, l'étendue totale de la propriété forestière privée était, en 1892, de 6 217 000 hectares.

Nous voici arrivés à la fin de cette vue d'ensemble sur les conditions forestières du pays qui est aujourd'hui la France, aux diverses époques où il fut successivement terre celtique, terre gallo-romaine, soumise à l'autorité des Francs mérovingiens et carolingiens, et devenue enfin, avec la dynastie capétienne, la France proprement dite.

Il ne serait pas sans intérêt d'examiner, au point de vue contemporain, ce que l'on peut appeler — par extension à l'œuvre administrative — la « politique forestière » de la France actuelle : application de mesures douanières protectrices au commerce des bois ; mesures législatives propres à assurer la coopération de la propriété forestière à la sauvegarde de l'intérêt général présent et futur ; statistique forestière générale et aperçu des forêts coloniales.

Si l'on voulait entrer dans une analyse complète des matières multiples qui sont condensées dans les tomes II et III de l'*Économie forestière*, on arriverait à la composition d'un précis des règles de la dendrométrie, de la formation de la richesse forestière par la double coopération de la nature et de l'homme, de la correspondance du revenu au capital, de l'estimation sous toutes formes des forêts et de leurs produits, enfin de l'art si complexe, si délicat — et, quand il s'agit des futaies pleines, parfois si incertain — de l'aménagement des forêts.

Ce sont là, dans une seule spécialité, de graves sujets d'étude qu'il pourrait y avoir intérêt à aborder par la suite.

C. DE KIRWAN.

L'ÉLECTRICITÉ

CONSIDÉRÉE COMME FORME DE L'ÉNERGIE

—

LES DEUX NOTIONS FONDAMENTALES
LE POTENTIEL ET LA QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1. *Insuffisance des théories actuelles.* — Le rôle si important que joue aujourd'hui l'électricité dans l'industrie, a placé cette science au premier rang, et cependant sa théorie est encore loin d'atteindre le degré de clarté et de précision obtenu dans les autres branches de la physique. Bien des phénomènes électriques sont encore sans explication satisfaisante, tels que la dilatation électrique, la décharge résiduelle, la force électromotrice de contact, l'effet Peltier, l'effet Thomson, la polarisation des électrodes.

L'une des premières causes de ces difficultés n'est-elle pas dans cette tendance si générale des esprits à vouloir expliquer tous les phénomènes physiques par les lois de la mécanique ? On parle bien de la conception d'un fluide impondérable, mais on s'empresse de le doter d'une *masse* à laquelle on attribuera bientôt les propriétés de la matière, pour lui appliquer, non pas seulement les méthodes, mais encore les lois mêmes de la mécanique rationnelle.

2. *La masse électrique et la quantité d'électricité.* — On confond d'ailleurs cette masse, quantité positive ou négative, distribuée à la surface des conducteurs, et qui s'impose en électrostatique, avec la *quantité d'électricité* qui circule dans les courants, et qui n'apparaît qu'en électrodynamique. Cette confusion entraîne nécessairement des contradictions : c'est ainsi que l'on considère un conducteur parcouru par un courant comme livrant passage à de l'électricité, alors qu'il n'en contiendrait même pas. C'est qu'en effet cette masse électrique, d'après les idées que nous développerons, n'est pas plus une quantité d'électricité qu'une vitesse n'est une longueur absolue; tout en dérivant de la quantité d'électricité, la masse électrique est une grandeur de nature toute différente ; c'est une quantité d'électricité positive ou négative divisée par un temps. Cette notion des masses de signes contraires, qui remonte aux plus anciennes théories, n'intervient que dans les phénomènes d'induction, en électrostatique, et n'est pas, comme on l'a dit souvent, exclusive de l'hypothèse d'une seule espèce d'électricité, celle-là qui circule dans les courants.

3. *Le milieu intermédiaire qu'on appelle l'éther.* — Faraday a expliqué le mécanisme de l'action électrique par une transmission de proche en proche, à travers un milieu intermédiaire idéal, doué d'une élasticité spéciale, et dont la structure se modifie sous l'influence des corps électrisés. C'était le premier pas vers le principe de l'action au contact, de la localisation de l'énergie électrique, comme de toutes les autres formes d'énergie, dans les éléments matériels eux-mêmes: mais nous sommes de ceux dont parle M. E. Picard, quand il dit (1) : « *Il a pu même paraître à quelques-uns, qu'il était étrange d'expliquer le connu par l'inconnu, le visible par l'invisible, d'imaginer, par exemple, comme on l'a dit, un éther que nul œil humain*

(1) *La science moderne et son état actuel*, p. 127.

ne verra jamais. » N'est-il pas plus naturel de rapporter les effets que nous observons, non à ce milieu hypothétique, mais au milieu réel et ambiant qui est, incontestablement, le véritable support et le véhicule obligé de l'action électrique ? Ce milieu réel et matériel est par trop souvent négligé, et quand on veut bien se rappeler qu'il est lié, superposé au milieu idéal dont on s'est un peu trop exclusivement occupé, on est fort surpris de lui trouver certaines propriétés telles que la dilatation et l'absorption électriques.

4. *Le potentiel quantité physique et le potentiel pure quantité mathématique.* — C'est encore cet oubli du milieu réel qui conduit à considérer le potentiel comme *une pure quantité mathématique. En élevant la température d'un corps, dit-on, on le fond, on le volatilise : on ne produit, au contraire, aucun effet physique sur un corps en le portant, avec l'enveloppe qui le renferme, à un potentiel élevé* (1).

Nous pensons, au contraire, que le potentiel d'un corps électrisé est une quantité physique analogue à la température et, à certains points de vue, mieux encore analogue à la pression qu'il supporte. Peut-on nier l'influence du potentiel dans les phénomènes électrochimiques ? Si l'on place un corps métallique dans un milieu aériforme dont on fasse varier la pression dans les limites que l'expérience permet d'atteindre, ces variations ne produiront sur ce corps aucun changement apparent : il est cependant certain que son volume aura varié, si peu que ce soit. Un corps ne peut pas subir une influence extérieure, sans que sa constitution intime en soit affectée par un changement tangible, si faible qu'il puisse être. Le potentiel transmis à un corps métallique agit donc sur ce corps, et modifie son état, comme la pression et la température agissent sur lui et modifient son état.

(1) Macwell, *Traité élémentaire d'Électricité*, traduit par G. Richard, 1884, p. 9.

Sans méconnaître les services rendus par les théories actuelles et qu'elles rendront encore, il est permis de prévoir qu'il doit être possible d'en édifier une nouvelle, basée, avant tout, sur les deux principes fondamentaux et si solides de la science de l'énergie, auxquels il suffira de joindre quelques lois expérimentales nettement définies, pour lui donner, par un enchaînement logique, tout son développement.

5. *Les facteurs de l'énergie électrique.* — Pour fonder cette théorie nouvelle, deux notions fondamentales sont nécessaires, celle du *potentiel électrique* et celle de la *quantité d'électricité*. Ce sont les facteurs de l'énergie électrique, comme la *température* et l'*entropie* d'une part, la *pression* et le *volume* d'autre part, et enfin le *potentiel chimique* et la *quantité de matière* sont les facteurs de l'énergie calorifique, élastique ou chimique.

De ces quatre formes, l'énergie calorifique occupe une place à part et dominante, parce que ses déplacements, mesurés par l'entropie, obéissent à une loi de dissipation, tandis que les déplacements de l'énergie électrique, de l'énergie élastique et de l'énergie chimique obéissent à une loi de conservation, qui est la généralisation du principe de Lavoisier.

Dans l'univers, toute quantité d'électricité qui quitte un corps, est intégralement reçue par d'autres corps ; tout changement de volume d'un corps ou système de corps correspond à des changements de volume opposés et équivalents dans d'autres corps ; toute réaction chimique s'opère sans création ni destruction de matière, suivant le principe de Lavoisier. Un corps pris dans un état déterminé, et soumis ensuite à des transformations qui lui font échanger de l'électricité avec l'extérieur, ne peut revenir à un état identique à son état initial, si cet échange d'électricité ne se réduit pas, en fin de compte, à zéro ; de même qu'il ne peut reprendre cet état initial que si son volume reprend la même valeur, si sa constitution chi-

mique lui donne, en tous points, la densité qu'il avait au début.

Son entropie reprendra aussi sa valeur primitive, mais si sa transformation est irréversible, et il en est toujours ainsi dans la nature, les échanges d'entropie entre les divers corps en jeu ne se compenseront pas : il y aura accroissement d'entropie, tandis qu'il y aura conservation de volume, de quantité d'électricité, de quantité de matière.

Les deux chapitres qui suivent auront pour objet de développer la notion du *potentiel*, défini qualitativement. Le chapitre suivant nous conduira à préciser cette notion, et à considérer le potentiel comme quantité mesurable ; il nous apprendra, en même temps, ce que l'on doit appeler la *quantité d'électricité*.

CHAPITRE II

LE POTENTIEL ÉLECTRIQUE

1. *Isolants et conducteurs de l'électricité.* — Le frottement développe dans certains corps dits isolants, un état électrique qui a sa répercussion dans le milieu environnant que l'on nomme champ électrique. En vertu de ce principe de la science moderne qu'il n'existe pas d'action à distance, le champ manifeste le nouvel état qu'il a, lui-même, acquis, par les mouvements des corps légers qui y sont plongés. Ces mouvements sont les signes d'une rupture dans l'état d'équilibre vers lequel tendent tous les phénomènes de la nature ; aussi, au bout d'un certain temps plus ou moins long, l'équilibre sera-t-il rétabli, le corps ayant partagé par diffusion ses propriétés électriques avec le milieu ambiant.

Ces propriétés ne se développent pas seulement sur les isolants, les corps dits conducteurs peuvent aussi les acquérir et les conserver dans un milieu tel que l'air sec,

où leur déperdition s'opère très lentement. Ces corps se distinguent des premiers par leur tendance à se mettre très vite en équilibre électrique entre eux, tandis que les isolants conservent assez longtemps leur électrisation, alors même qu'ils sont en contact avec des conducteurs.

La distinction des corps en isolants et conducteurs n'a évidemment rien d'absolu. La transmission de la propriété électrique dans les diverses parties d'un même corps, ou entre corps différents, se fait de proche en proche, avec des vitesses extrêmement variables, qui ne sont jamais ni nulles ni infinies.

2. *Définition d'un corps isolé au point de vue électrique.* — Si un corps électrisé récupère, par un procédé quelconque, la propriété électrique qu'il perd sans cesse au contact du milieu qui l'environne, il s'établira un régime permanent ; la constitution du milieu, variable d'un point à un autre, restera invariable en chaque point, et l'on dit alors que le champ est stable.

Si la vitesse de déperdition de la propriété électrique devient extrêmement lente et, en quelque sorte, négligeable dans un milieu très isolant qu'avec Faraday nous appellerons désormais un diélectrique, on pourra considérer le champ créé dans ce milieu matériel comme sensiblement stable pendant la durée nécessaire à une série d'expériences, et le corps électrisé qui aura créé ce champ pourra être considéré, à son tour, comme conservant intégralement, pendant la même durée, ses propriétés électriques. Nous dirons, dans ce cas, que ce corps est *isolé au point de vue électrique ou électriquement isolé.*

C'est là une conception purement théorique analogue à celle de l'isolement au point de vue thermique ou au point de vue élastique, qui rend de si grands services en thermodynamique ; mais l'isolement électrique d'un corps est nécessairement imparfait, et c'est grâce à cela que ce corps peut créer un champ dans le diélectrique qui l'environne.

3. *Cause des phénomènes observés en électrostatique.* — La cause primordiale des phénomènes observés en électrostatique ne réside donc pas dans l'action exercée par des conducteurs *absolument isolés* sur le *milieu hypothétique* que l'on nomme l'éther, mais bien dans l'énergie sans cesse échangée de proche en proche, et par le contact, entre ces conducteurs qui *ne sont pas absolument isolés* et le *milieu réel* environnant, où cette énergie se déplacera tant que le système ne sera pas arrivé à un état final d'équilibre qui est l'état neutre. L'air sec est un isolant très puissant ; on conçoit donc que, pendant la durée normale d'une série d'expériences on puisse considérer comme stable le champ créé dans cet air sec, et comme conservant leur état électrique primitif les conducteurs qui y sont plongés.

Mais, dira-t-on, si l'énergie électrique arrive à se déplacer si lentement, les effets de ce mouvement, qui n'est autre chose qu'un courant électrique très faible à travers le champ, doivent être bien peu sensibles. A cette objection, on peut répondre d'abord que ces effets ne se manifestent pas avec une bien grande intensité, puisqu'on ne les constate que sur des corps légers ; on peut ajouter que l'énergie électrique contenue dans un corps doit être énorme, au point que ce corps peut en dépenser des quantités notables, sans que son état électrique en soit sensiblement affaibli. Les plus récentes conquêtes de la physique dans le domaine des radiations sont bien faites pour corroborer cette explication, quand on songe à la quantité de chaleur et de lumière qu'un petit morceau de radium peut émettre pendant plusieurs années sans perdre d'une façon apparente, ni de son poids, ni de ses propriétés actives. Il est même permis de croire que les théories nouvelles qui se fondent aujourd'hui sur les ions et électrons ne peuvent être que facilitées par les vues qui précèdent.

Quoi qu'il en soit, ces vues conduisent à une théorie qui explique avec une grande simplicité et une grande clarté

tous les faits connus en électrostatique et en électrodynamique. Mais avant d'aborder cette théorie, il est nécessaire de considérer l'électricité sous un aspect très spécial et quelque peu abstrait, qui permette de bien préciser comment on doit concevoir la mesure de l'énergie électrique contenue dans un corps homogène, et dont toutes les parties sont en équilibre entre elles.

4. *L'équilibre électrique et l'égalité de potentiel.* — Prenons, au hasard, deux corps homogènes isolés, chacun, au point de vue thermique, élastique et électrique ; ils sont soumis aussi, chacun, à une température, à une pression et à un état électrique indépendants dans les deux corps, en sorte que ceux-ci ne seront vraisemblablement en équilibre ni au point de vue thermique, ni au point de vue élastique, ni au point de vue électrique. Tout en les maintenant isolés du milieu qui peut les contenir, mettons-les en contact, en supposant rompues les liaisons qui les isolaient entre eux : il va s'opérer entre ces deux corps des changements irréversibles, tendant au rétablissement naturel de l'équilibre, et qui se manifesteront notamment, dans leur masse intérieure, par des variations locales de température et de pression ; ces changements prendront fin, quand cet état d'équilibre sera réalisé. Il sera caractérisé par l'uniformité de température et de pression dans toute l'étendue des deux corps, qui n'auront échangé avec l'extérieur aucune quantité de chaleur, aucune propriété électrique, et dont les volumes, variables séparément, conserveront une somme constante. Si l'on sépare alors ces deux corps, il ne se produira aucun phénomène, pas plus que si on les remet de nouveau en contact ; il y a donc aussi, entre eux, équilibre électrique. C'est ce que nous exprimerons en disant que ces corps ont *même potentiel*. L'équilibre thermique ou élastique est caractérisé par l'égalité de température ou de pression ; l'équilibre électrique est caractérisé par l'égalité de potentiel électrique.

Cette notion de l'équilibre électrique et de l'égalité de

potentiel n'implique pas nécessairement que les deux corps comparés doivent finalement avoir même température et même pression, comme dans le cas qui vient d'être cité. Au lieu de rompre, à la fois, les trois liaisons isolant les deux corps entre eux, on aurait pu n'en rompre qu'une seule, celle qui isole les deux corps au point de vue électrique ; pendant le changement spontané qui s'opérera, chacun des corps conservera un volume invariable, et ils n'échangeront entre eux ou avec l'extérieur aucune quantité de chaleur. La température et la pression prendront une nouvelle valeur dans chacun d'eux, quand l'équilibre électrique sera réalisé. Si les deux corps ne sont pas primitivement en équilibre électrique, on le constatera en plaçant successivement dans un diélectrique une certaine quantité de ces deux corps présentant à la fois la même forme et le même volume : le champ qu'ils créeront dans ce diélectrique *ne sera pas le même*. L'expérience apprend, au contraire, que, quand ils se sont mis en équilibre par *conduction électrique*, les quantités de même forme et de même volume créeront dans le diélectrique deux champs *identiques*. Les deux corps ont alors, par définition, même potentiel électrique.

5. *Loi de l'équilibre électrique.* — C'est encore un fait d'expérience que si deux corps sont en équilibre électrique avec un troisième, ils sont aussi en équilibre électrique entre eux, de sorte que tous les corps en équilibre électrique ont même potentiel, et que deux corps qui ne sont pas en équilibre ont des potentiels inégaux ou différents.

Les changements provoqués, quand deux corps complètement isolés de l'extérieur et de potentiels différents sont mis en relation par simple conduction électrique, ne modifient pas l'énergie de l'ensemble. Comme ces deux corps sont aussi isolés entre eux au point de vue thermique et au point de vue élastique, ils n'échangent, non plus, entre eux, aucune quantité d'énergie sous forme de chaleur ou de travail mécanique, et le phénomène se réduit à un

simple transport d'énergie sous forme électrique de l'un à l'autre corps.

6. *Loi de la conductioné lectrique.* — Enfin, un autre fait d'expérience très important, c'est que, si l'on considère un nombre quelconque de corps qui peuvent être de même nature ou non, à des températures et à des pressions différentes ou non, mais soumis à des potentiels différents, on peut les ranger, et d'une seule façon, dans un ordre tel que l'action successive de deux quelconques de ces corps A et C, par conduction électrique, sur un troisième B placé entre eux deux, fera subir à ce dernier deux changements inverses qui pourront se compenser et le ramener à son état primitif. Au contraire, deux corps A et B, mis successivement en relation avec un troisième C, placé avant ou après eux dans l'ordre établi, ne pourront jamais ramener le corps C à son état primitif ; la double opération exécutée sur ce dernier ne fera, en quelque sorte, que l'éloigner davantage de cet état primitif.

Cette loi conduit à considérer les potentiels comme des quantités susceptibles de s'échelonner dans un sens parfaitement déterminé.

Il résulte d'abord de l'action des deux corps A et C sur le corps intermédiaire B que, si celui-ci reçoit par conduction électrique de l'énergie du corps A, il en cède au corps C, ou inversement : par suite, l'ordre général établi entre tous ces corps est l'ordre dans lequel ils échangent leur énergie par conduction électrique, en sorte que l'un quelconque d'entre eux reçoit, par exemple, de l'énergie de tous ceux qui le précèdent, tandis qu'il en cède à tous ceux qui le suivent.

L'ordre ainsi défini sera l'ordre de décroissance des potentiels, et nous dirons que l'énergie passe par conduction électrique des corps de potentiel plus élevé aux corps de potentiel moins élevé, pour arriver à établir l'équilibre électrique par l'uniformité du potentiel.

7. *Sources d'électricité.* — Quand l'un des deux corps

possède une masse incomparablement plus grande que celle de l'autre corps, l'équilibre électrique s'établit sans que l'état du premier se soit sensiblement modifié. Son potentiel, qui devient en même temps celui du second, n'aura, pour ainsi dire, pas varié. Un semblable corps, supposé complètement isolé de l'extérieur, est une *source d'électricité*. C'est un très grand réservoir d'électricité qui communique son potentiel sensiblement invariable aux corps avec lesquels on le met en relation par conduction électrique seulement. Une source ainsi comprise ne conserve pas un potentiel rigoureusement constant, et ne subit pas, par conséquent, ce que l'on appelle une *transformation équipotentielle*, quand on la met en communication électrique avec d'autres corps. Il faudrait pour cela qu'elle fût de masse infinie et de conductibilité parfaite. Aussi vaut-il mieux donner de la source électrique une définition plus scientifique, en la supposant de masse finie, de conductibilité parfaite, isolée seulement au point de vue électrique du milieu environnant, qui continuera à lui transmettre des actions calorifiques ou mécaniques, capables de maintenir son potentiel constant, quand on la mettra en communication électrique avec les corps à étudier. On verra au chapitre suivant qu'on peut toujours imaginer des actions calorifiques ou mécaniques propres à obtenir ce résultat. Observons, dès maintenant, que les pôles d'une pile de force électromotrice constante, sont des sources d'électricité, mais à faible potentiel.

CHAPITRE III

LES TRANSFORMATIONS RÉVERSIBLES

1. *Transformations réversibles d'un corps homogène et isotrope, soumis à des actions mécaniques thermiques et électriques.* — Ce n'est pas ici le lieu de développer les

notions de réversibilité et d'irréversibilité ; nous nous bornerons à rappeler que pour faire subir à un corps une transformation réversible, il faut supposer que ce corps est successivement mis en rapport thermique, élastique et électrique avec des milieux de température, de pression et de potentiel infiniment peu différents de sa température propre, de sa pression et de son potentiel au moment considéré, chaque opération élémentaire étant prolongée pendant une durée suffisante pour que ce corps se mette absolument en équilibre avec le nouveau milieu qui le reçoit.

Parmi les transformations réversibles qu'un corps peut subir, il en existe quelques-unes de simples dont l'examen présente le plus grand intérêt, car elles permettent d'analyser les transformations les plus complexes. Nous allons nous y arrêter quelque temps.

Ces transformations sont obtenues par la mise en communication du corps avec deux espèces de sources, sources d'électricité et sources de chaleur, sources d'électricité et sources d'énergie mécanique, sources d'énergie mécanique et sources de chaleur. Chacun de ces trois cas se subdivise en deux cas simples, définis par cette condition que, des deux espèces de sources qui provoquent la transformation du corps, il y en aura une qui sera toujours la même, en sorte que dans les six cas à considérer, la transformation sera équipotentielle, isotherme ou isobare. L'autre source sera variable, et changera infiniment peu de tension, après chaque modification élémentaire du corps. Ces six transformations présentent le caractère commun qu'on peut les figurer graphiquement par une courbe continue qui ne revient jamais sur elle-même pour se couper. Ses points successifs, parcourus dans un sens ou dans l'autre, représentent toutes les phases possibles de la transformation du corps, qui ne peut revenir à un état antérieur, qu'en parcourant en sens inverse le cycle déjà décrit. En outre, en parcourant ce cycle sans revenir à un état

antérieur, le corps échangera toujours dans un seul et même sens, de l'énergie avec chacune des deux sources. Cela résulte de ce que chaque échange élémentaire d'énergie entre ce corps et l'une des deux sources, détermine l'échange correspondant avec l'autre.

L'état du corps est défini, au point de vue de ses propriétés thermiques, élastiques et électriques, par ses trois tensions, température, pression et potentiel. Toutes les autres grandeurs susceptibles de mesure, et qui sont déterminées dans chaque état particulier du corps, son volume, son entropie, etc., sont des fonctions de ces trois variables. On peut donc figurer chacun de ces états par une représentation graphique au moyen d'un point rapporté à un système d'axes oT des températures, oP des pressions, oE des potentiels, et dont les trois coordonnées fixeront les tensions correspondant à l'état considéré. C'est à ce système d'axes que nous rapporterons les lignes de transformation que nous allons maintenant étudier.

2. *Transformations d'un corps isolé au point de vue mécanique.* — Il en existe, comme nous l'avons dit, deux cas simples, et qu'il y a intérêt à examiner.

Transformation équipotentielle. Un corps isolé au point de vue mécanique, c'est-à-dire, conservant un volume constant, est mis en communication permanente, par conduction électrique seulement, avec une source d'électricité de même potentiel, et, successivement, en communication, par conduction thermique, avec des sources de chaleur dont les températures varieront d'une façon continue. Ce corps subira évidemment une transformation bien déterminée, échangeant de l'énergie, sous forme d'électricité avec la source unique d'électricité, et sous forme de chaleur avec les sources successives de chaleur qui sont mises en relation avec lui. Si l'on ne veut pas que cette transformation revienne sur ses pas, il faudra que les températures des sources de chaleur aillent toujours en croissant ou toujours en décroissant : le corps ne repassera

alors jamais par un état qu'il aurait antérieurement pris. Son potentiel restera constant, mais sa pression et son entropie varieront avec sa température et seront, à chaque instant, fonctions bien définies de cette température.

Suivant que les températures des sources de chaleur iront en croissant ou en décroissant, le corps absorbera ou cédera constamment de la chaleur ; il n'échangera de l'énergie calorifique avec ces diverses sources que dans un seul et même sens ; comme nous l'avons dit plus haut, il n'échangera aussi avec la source unique d'électricité de l'énergie électrique que dans un seul et même sens ; sans quoi, au moment où ce sens tendrait à changer, subordonnons l'action de la source de chaleur à l'action de la source d'électricité : en faisant varier infiniment peu le potentiel de cette dernière, elle continuerait à échanger avec le corps de l'énergie dans le même sens que précédemment, ce qui intervertirait le sens de l'échange calorifique ; or ce changement de sens dans l'échange calorifique ne peut que faire revenir la transformation sur ses pas ; il ne peut pas provoquer entre le corps et la source unique d'électricité un échange indéterminé d'énergie électrique qui serait indifféremment positif ou négatif ; l'hypothèse supposée est donc inadmissible, et pendant que le point figuratif de l'état du corps décrit une ligne équipotentielle bien définie, les sources de chaleur comme la source unique d'électricité n'échangent de l'énergie avec le corps expérimenté que dans un seul sens.

Le corps n'échange de l'énergie calorifique qu'avec les sources de chaleur ; suivant qu'il sera soumis à une variation positive ou négative de température, il recevra ou perdra de la chaleur, et *l'accroissement de son entropie sera de même signe que l'accroissement de sa température.*

Ce corps qui est de dimensions finies, peut être considéré lui-même comme une *source d'électricité* dont le potentiel demeure constant malgré les échanges d'énergie électrique qu'il peut faire avec les corps à étudier grâce à

ses relations avec des sources de chaleur de températures convenables.

Transformation isotherme. Au lieu de mettre le corps dont le volume reste constant, en communication permanente avec une source d'électricité, mettons-le en communication permanente avec une source de chaleur ayant sa température initiale, et, successivement, en communication avec des sources d'électricité dont les potentiels varieront d'une façon continue et toujours dans le même sens. Ce corps subira encore une tranformation bien définie sans jamais revenir à un état antérieur, échangeant, comme dans le cas précédent, et dans un sens constant, de l'énergie sous forme de chaleur et d'électricité, mais avec une seule source de chaleur et avec les diverses sources d'électricité qui sont successivement mises en relation avec lui. Sa température demeurera constante, mais sa pression et son entropie varieront avec son potentiel.

Ce corps n'échange de l'énergie électrique qu'avec les sources d'électricité ; suivant qu'il sera soumis à une variation positive ou négative de potentiel, il recevra ou perdra de l'énergie électrique. Cela signifie, comme on le verra dans la suite, que *la variation de sa quantité d'électricité est de même signe que la variation de son potentiel* dans un des éléments de sa transformation.

3. *Transformations d'un corps isolé au point de vue thermique.* — Deux transformations simples sont ici à considérer.

Transformation équipotentielle. Le corps, étant isolé au point de vue thermique, conserve une entropie constante. On le met en communication permanente avec une source d'électricité de même potentiel, et on le soumet à des pressions progressivement croissantes ou décroissantes qui feront varier son volume dans un sens constant, négatif ou positif. Il subit encore une transformation bien déterminée sans jamais repasser par les mêmes états,

échangeant avec la source unique d'électricité de l'énergie dans un seul et même sens, tandis qu'il effectue ou consomme constamment du travail mécanique. Son potentiel reste constant, mais sa température et son volume varient avec sa pression et sont, à chaque instant, fonctions définies de cette pression.

Le corps ne reçoit ou ne perd de l'énergie sous forme mécanique, qu'en raison des pressions qu'il supporte, et des variations de volume qui y correspondent ; dans toute transformation élémentaire qu'il subit, *la variation de son volume est de signe contraire à la variation de sa pression.*

Ce corps est encore un type de *source d'électricité.* Une telle source est donc un corps, en principe complètement isolé de l'extérieur : son isolement n'est rompu, au point de vue électrique, que pour le mettre en communication avec les corps à étudier, et, au point de vue élastique ou mécanique, que pour lui imposer les variations de pression nécessaires à la conservation de son potentiel.

Transformation à pression constante ou isobare. Le corps ayant toujours une entropie constante, au lieu de le mettre en relation permanente avec une source d'électricité, plaçons-le dans un milieu élastique, de pression constante, ayant sa pression initiale, et mettons-le successivement en communication avec des sources d'électricité dont les potentiels varieront d'une façon continue et toujours dans le même sens. Ce corps subira une transformation bien définie, sans jamais revenir à un état antérieur, puisque son potentiel croît ou décroît constamment. Sa pression demeure invariable, mais sa température et son volume varient avec son potentiel, et restent fonctions de ce potentiel. Pendant toute la durée de la transformation, le corps effectuera constamment ou consommera constamment du travail, tandis qu'il absorbera constamment ou cédera constamment de l'énergie électrique.

Il n'échange de l'énergie électrique qu'avec les sources d'électricité ; suivant qu'il sera soumis à une variation

positive ou négative de potentiel, il recevra ou perdra de l'énergie électrique. Cela signifie, comme on le verra dans la suite, que *la variation de sa quantité d'électricité est de même signe que la variation de son potentiel*, dans une quelconque de ses transformations élémentaires.

4. *Transformations d'un corps isolé au point de vue électrique.* — Il existe deux transformations simples d'un corps isolé au point de vue électrique. Ce qui reste invariable dans chacune d'elles, c'est la quantité d'électricité contenue dans le corps, ainsi qu'on le comprendra, quand nous aurons pu définir la quantité d'électricité.

Transformation isotherme. Mettons le corps en relation permanente avec une source de chaleur de même température, et soumettons-le à des pressions progressivement croissantes ou décroissantes qui feront varier son volume dans un sens constant négatif ou positif. Il subira une transformation définie sans jamais repasser par les mêmes états. Sa température restera constante, mais son potentiel, son volume et son entropie varieront avec sa pression en restant des fonctions déterminées de cette pression. Pendant toute la durée de la transformation, le corps absorbera ou cédera constamment de la chaleur, pendant qu'il consommera ou effectuera constamment du travail mécanique.

Ce corps n'échange de l'énergie sous forme de travail qu'en raison des pressions qu'il supporte, et dans chacun des éléments de la transformation qu'il subit, *les variations de son volume sont de signes contraires aux variations de sa pression.*

Transformation à pression constante. Supposons le corps placé dans un milieu élastique, de pression constante et dont il subit l'action : mettons-le successivement en relation avec des sources de chaleur dont les températures varieront d'une façon continue et toujours dans un même sens. Ce corps subira encore une transformation définie sans jamais revenir à des états antérieurs. Sa

pression demeure invariable, mais son potentiel, son volume et son entropie varieront avec sa température en restant des fonctions définies de cette température. Comme dans le cas précédent, le corps absorbera ou cédera constamment de la chaleur, tandis qu'il consommera ou effectuera constamment du travail mécanique.

Ce corps n'échange de l'énergie calorifique qu'avec les sources de chaleur : suivant qu'il sera soumis, dans une de ses transformations élémentaires, à une variation positive ou négative de température, il recevra ou perdra de la chaleur, son entropie augmentera ou diminuera, en sorte que *ses variations de température sont toujours de même signe que ses variations d'entropie.*

5. *Lois de déplacement de l'équilibre.* — Les considérations développées au sujet des six transformations simples que nous venons d'examiner, nous ont permis de formuler quelques lois, que l'on appelle *lois de déplacement de l'équilibre.* On peut les résumer comme il suit :

Quand un corps subit une transformation élémentaire réversible, 1° si son volume et son potentiel ou si sa quantité d'électricité et sa pression restent constants, son entropie et sa température varieront dans le même sens ; 2° si son volume et sa température ou si son entropie et sa pression restent constants, sa quantité d'électricité et son potentiel varieront dans un même sens ; 3° si son entropie et son potentiel ou si sa quantité d'électricité et sa température restent constants, sa pression et son volume varieront en sens contraire.

6. *Surfaces de transformation.* — Des lignes simples de transformation réversible d'un corps dérivent des surfaces simples qu'il importe aussi d'étudier. Il en existe également six. Trois d'entre elles se rapportent à l'isolement du corps à l'un des points de vue mécanique, thermique ou électrique : ce sont, suivant l'expression imaginée par Rankine, des surfaces *adiabatiques.* Les trois autres sont des surfaces de transformation à tension fixe,

surfaces isobares ou de transformation à pression constante, surfaces isothermes et surfaces équipotentielles.

7. *Surfaces adiabatiques.* — Nous avons vu qu'à la transformation d'un corps isolé au point de vue mécanique correspondaient deux lignes simples, ligne équipotentielle et ligne isotherme. On peut considérer la surface adiabatique d'isolement au point de vue mécanique comme engendrée par l'une quelconque de ces espèces de lignes, le point de départ de chacune d'elles étant pris sur une ligne fixe de l'espèce différente. Cette surface sera donc engendrée indifféremment par une ligne variable équipotentielle ou isotherme s'appuyant sur une ligne fixe isotherme ou équipotentielle, deux génératrices quelconques ne pouvant se couper, puisqu'elles correspondent à des tensions différentes.

La transformation la plus générale d'un corps isolé au point de vue mécanique, c'est-à-dire maintenu à volume constant, et qui ne peut être en relation qu'avec des sources de chaleur et d'électricité, est représentée par une ligne tracée sur cette surface, décomposable elle-même en éléments successifs équipotentiels et isothermes, répondant aux communications qui sont faites du corps avec des sources d'électricité et de chaleur. Deux de ces surfaces correspondant à des volumes différents du corps, ne peuvent se couper, ni même avoir un seul point commun, ce qui indiquerait que, par des transformations opérées sur ces deux surfaces, le corps peut revenir dans le même état, et, par conséquent, sous le même volume.

A la transformation d'un corps isolé au point de vue thermique, correspondent deux lignes simples, ligne équipotentielle et ligne isobare. La surface adiabatique d'isolement au point de vue thermique est engendrée par une ligne variable équipotentielle ou isobare s'appuyant sur une ligne fixe de l'espèce différente. Deux génératrices quelconques correspondant à des potentiels ou à des pressions différents, ne peuvent évidemment se rencontrer.

La transformation la plus générale d'un corps dont l'entropie demeure invariable est représentée par une ligne tracée sur cette surface et décomposable en éléments équipotentiels et isobares qui correspondent aux communications qui sont faites du corps avec des sources d'électricité ou de force élastique. Deux de ces surfaces adiabatiques relatives à des entropies différentes du corps ne peuvent se rencontrer.

Enfin à la transformation d'un corps isolé au point de vue électrique correspondent deux espèces de lignes simples, lignes isothermes et lignes isobares. Les lignes d'une de ces espèces s'appuyant, sans jamais pouvoir se rencontrer, sur une ligne fixe de l'autre espèce, engendreront une surface adiabatique d'isolement au point de vue électrique. Toute ligne tracée sur cette surface représente la transformation la plus générale que puisse subir un corps qui n'est mis en relation qu'avec des sources de chaleur et de force élastique, à l'exclusion de toute source d'électricité ; elle est décomposable en éléments isothermes et isobares correspondant aux communications du corps avec les deux espèces de sources. On verra au chapitre suivant que deux surfaces adiabatiques d'isolement au point de vue électrique ne peuvent se rencontrer.

8. *Surfaces équipotentielles, isobares et isothermes.* — Nous avons vu qu'un corps, isolé au point de vue mécanique, qui serait en relation permanente avec une source d'électricité, et, successivement, en relation avec des sources de chaleur de températures croissantes ou décroissantes, subirait une transformation, qu'on peut représenter par une ligne équipotentielle. Un corps isolé au point de vue thermique, et mis également en relation permanente avec la même source d'électricité, mais successivement soumis à des pressions croissantes ou décroissantes, subit encore une transformation représentée par une ligne équipotentielle, mais d'espèce différente de la première. La surface engendrée par l'une de ces deux espèces de lignes,

dont les origines successives sont prises sur une ligne fixe de l'autre espèce, est une *surface équipotentielle*. Une ligne quelconque tracée sur cette surface, et qu'on peut décomposer en éléments équipotentiels alternativement des deux espèces, représente la transformation réversible la plus générale qu'un corps mis en relation permanente avec une source d'électricité de potentiel donné puisse subir, moyennant ses relations avec des sources de chaleur et de force élastique. Deux surfaces répondant à deux potentiels différents ne peuvent évidemment avoir aucun point commun.

Nous avons reconnu l'existence de deux espèces de lignes isobares, suivant qu'un corps maintenu à pression constante est mis en relation avec des sources d'électricité ou avec des sources de chaleur. La surface engendrée par une de ces espèces de lignes s'appuyant sur une ligne fixe de l'autre espèce est une *surface isobare*. Toute ligne tracée sur elle, et que l'on peut décomposer en éléments alternativement de l'une et de l'autre espèce, représente la transformation la plus générale qu'un corps maintenu à pression constante puisse subir, moyennant ses rapports avec des sources de chaleur et d'électricité. Deux surfaces isobares, relatives à des pressions différentes, ne peuvent évidemment se rencontrer.

Enfin nous avons rencontré deux espèces de lignes isothermes, suivant qu'un corps mis en communication permanente avec une source de chaleur, était soumis à l'action de sources d'électricité ou de force élastique. Ces lignes, pour une température donnée, appartiennent à une même *surface isotherme*. Les surfaces relatives à deux températures différentes ne peuvent se rencontrer. Toute ligne tracée sur l'une d'elles représente la transformation la plus générale qu'un corps maintenu à température constante puisse subir, moyennant ses relations avec des sources d'électricité et de force élastique.

9. *Le cycle de Carnot.* — La thermodynamique doit à

Sadi Carnot la conception d'un cycle de transformation qui porte son nom, et qui est bien connu. Appliqué aux phénomènes thermo-élastiques, il est représenté par un quadrilatère plan dont les côtés opposés sont formés de deux lignes isothermes et de deux lignes adiabatiques. La considération de ce cycle a trop contribué au développement de la science de l'énergie pour manquer d'examiner ici ce qu'il devient, quand on veut le généraliser, et l'appliquer aux phénomènes qui mettent en jeu non seulement la chaleur et l'élasticité mais encore l'énergie électrique.

Considérons, d'une part, deux surfaces équipotentielles, isobares ou isothermes, et, d'autre part, deux surfaces adiabatiques correspondantes, c'est-à-dire, d'isolement au point de vue électrique dans le premier cas, d'isolement mécanique dans le second cas, et enfin d'isolement au point de vue thermique dans le dernier cas : Ces surfaces se coupent suivant quatre lignes courbes formant les arêtes d'un prisme quadrangulaire. Nous appellerons cycle de Carnot le cycle de transformation correspondant à une courbe fermée faisant le tour de ce prisme, et tracé sur sa surface. Il y en a donc trois espèces ; la troisième est celle qui se rapproche le plus de la conception de Carnot ; elle la traduit rigoureusement si le cycle décrit est une section plane du prisme parallèle au plan TOP. Mais nous aurons surtout à faire l'application du premier de ces cycles : il correspond à deux transformations équipotentielles s'opérant, chacune, à l'aide de sources de chaleur et de force élastique à tensions variables, et d'une seule source d'électricité, ces transformations étant comprises entre deux transformations adiabatiques pendant lesquelles toute communication du corps expérimenté est suspendue avec des sources d'électricité.

CHAPITRE IV

PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ÉLECTRICITÉ

1. *Conservation de la chaleur dans la conduction thermique.* — Considérons des sources d'électricité de dimensions finies, et qui seraient, par exemple, du deuxième type indiqué au chapitre précédent. Ce sont des corps isolés au point de vue thermique ; le potentiel de chacune d'elles reste constant, quand elle est mise en relation électrique *seulement* avec les corps à étudier, moyennant les variations de pression auxquelles on la soumet, et qui lui font exécuter un travail positif ou négatif, suivant que cette pression diminue ou augmente, en même temps que son volume augmente ou diminue.

Il existe entre les propriétés des sources de chaleur d'une part, et d'autre part, les propriétés des sources d'électricité ou des sources de force élastique une différence essentielle qui tient à la nature très spéciale de la forme d'énergie que représente la chaleur. L'énergie calorifique se conserve dans la conduction, mais donne lieu à une dissipation d'entropie. Pour toutes les autres formes de l'énergie, l'inverse se produit. L'énergie électrique, l'énergie élastique se dissipent dans la conduction ; et ce que l'on pourrait appeler l'entropie électrique ou élastique, c'est-à-dire, la quantité d'électricité et le volume se conservent.

Le développement de cette idée sur laquelle nous revenons conduit à une conclusion très importante.

Que deux sources de même nature, et à des tensions différentes, soient toutes deux sources de chaleur, d'électricité ou de force élastique, on ne conçoit leur mise en relation pour une transmission d'énergie sous forme de chaleur d'électricité ou de force élastique, qu'à l'aide d'un canal de communication de conductibilité médiocre, et

isolé de l'extérieur au point de vue thermique, électrique ou élastique.

S'il s'agit de deux sources de chaleur, il s'établira entre ces sources un régime permanent, et toute quantité de chaleur abandonnée par la source chaude sera intégralement versée à la source froide. C'est qu'en effet l'énergie qui rentre dans le canal de communication ayant déjà la forme dégradée de chaleur ne peut s'y dissiper, et quitte sans perte ce canal pour arriver dans la source froide.

2. *Dissipation de l'énergie électrique et de l'énergie élastique dans les phénomènes de conduction.* — S'il s'agit, au contraire, de deux sources d'électricité qui ne doivent échanger de l'énergie que sous forme électrique, on ne peut les mettre en relation par un canal de conductibilité parfaite, qui tendrait à rétablir entre ces deux sources, et, pour ainsi dire, instantanément, l'équilibre de potentiel : on ne distingue pas comment, dans ce cas, des actions thermiques ou élastiques, et élastiques s'il s'agit de sources du type indiqué plus haut, pourraient maintenir les deux réservoirs d'électricité à des potentiels constants et différents. Le canal de communication devra donc être d'une matière imparfaitement conductrice de l'électricité ; il sera le siège d'une transformation irréversible qui ne peut s'opérer sans dissipation de l'énergie en chaleur ; et s'il est complètement isolé, sa température ira constamment en croissant. Mais si l'isolement thermique est supprimé, il s'établira dans ce canal de volume invariable un régime permanent, grâce à la chaleur qu'il cédera au milieu environnant. On aura réalisé dans ce canal une machine fonctionnant avec une seule source de chaleur, le milieu environnant, et qui, dès lors, doit céder de la chaleur à cette source, ainsi que nous le savons par un principe de la théorie de la chaleur (1).

(1) Voir l'ouvrage de l'auteur : *Chaleur et Énergie*, ch. II, p. 39.

De toute l'énergie abandonnant la source de potentiel supérieur sous forme d'électricité, une partie sera donc toujours transformée en chaleur sur son trajet dans le canal de communication avant d'arriver à la source de potentiel inférieur ; et cette dernière source ne recevra que la fraction restante de l'énergie électrique cédée par la source de potentiel supérieur. C'est, implicitement, comme on le verra dans la suite, la loi de Joule sous sa forme la plus générale, qui apparaît ici comme une conséquence obligée des principes fondamentaux de la science de l'Énergie.

On observe des phénomènes analogues entre deux sources de forces élastiques P_1 et P_2, quand on les met en relation par l'interposition d'un corps imparfaitement élastique, dont le volume est maintenu constant. Il s'établira d'abord dans ce corps des pressions variant de P_1 à P_2 entre ses points de contact avec les deux sources; l'équilibre de pression qui tend à se rétablir dans sa masse par une transformation irréversible, est continuellement empêché par l'action des sources qui maintiennent les pressions P_1 et P_2 à leurs points de contact, la source de pression supérieure P_1 gagnant à chaque instant sur le corps intermédiaire le volume Δv que celui-ci gagne lui-même sur la source de pression inférieure. De toute l'énergie élastique, $P_1 \Delta v$, qui quitte la première source, n'arrive à la seconde que la fraction $P_2 \Delta v$; le reste, $(P_1 - P_2) \Delta v$ s'est dissipé en chaleur dans le corps intermédiaire, qui s'échauffera progressivement, s'il est thermiquement isolé. Mais si cet isolement est rompu, il s'établira dans le corps un régime permanent, et il réalisera encore une machine fonctionnant avec une seule source de chaleur, le milieu qui l'environne. Ce milieu recevra toute l'énergie provenant de la source de pression supérieure qui se transforme en chaleur sans pouvoir atteindre la source de pression inférieure sous la seule forme qui lui permettrait d'entrer dans cette source.

Mais, si de l'énergie s'est dissipée sur le trajet de cette transmission, le volume gagné dans l'une des sources par cette opération est rigoureusement compensé par le volume perdu dans l'autre ; il y a eu conservation de l'entropie élastique, c'est-à-dire du volume.

Il nous reste à mettre en lumière que, dans une transmission d'énergie sous forme électrique entre deux sources à des potentiels différents, il y a aussi quelque chose qui se conserve, c'est l'entropie électrique, que l'on appelle *la quantité d'électricité*. Déjà nous avons été amené à en parler par anticipation ; ce que nous en avons dit paraîtra plus net au lecteur, quand il aura lu la suite de ce chapitre.

3. *Principe fondamental.* — La notion de la quantité d'électricité dérive d'un principe que l'on peut appeler le *principe de la conservation de l'électricité*, et que nous énoncerons comme il suit :

Une machine qui fonctionne avec une seule source d'électricité la ramène à son état initial à chaque période de son évolution complète.

Nous appelons machine un corps ou système de corps qui se transforme suivant un cycle fermé le ramenant identiquement à son état initial, en sorte que son évolution peut s'effectuer dans les mêmes conditions un nombre quelconque de fois. Cette machine fonctionne sous l'action d'agents extérieurs, notamment sous l'action de sources de chaleur, d'électricité, de force élastique. Le principe qui vient d'être formulé suppose l'intervention d'une seule source d'électricité ; les autres peuvent être en nombre quelconque, et le système formant la machine peut être le siège de phénomènes intérieurs les plus divers, mettant en jeu toutes les formes naturelles de l'énergie. Son cycle de transformation peut donc être réversible ou irréversible.

De ce principe découlent les conséquences suivantes :

1er Corollaire. — *Deux surfaces adiabatiques d'isolement au point de vue électrique, relatives à la transforma-*

tion d'un même corps, ne peuvent avoir un point de commun sans se confondre.

C'est la proposition que nous avons déjà annoncée à la fin du chapitre précédent.

Supposons que ces deux surfaces puissent se couper ou seulement avoir, au moins, un point de commun C. Par un point A de l'une d'elles passe une ligne équipotentielle correspondant, par exemple, à la transformation du corps, quand, étant isolé au point de vue thermique, il est mis en communication avec une source d'électricité et soumis à une pression variable. Cette ligne prolongée d'un côté convenable rencontrera la deuxième surface adiabatique en un point B, et pendant la transformation qu'elle représente, le corps échangera avec la source d'électricité de l'énergie électrique toujours dans un même sens, tandis qu'il effectuera ou consommera constamment du travail mécanique. Joignons les points A et B au point C par une ligne quelconque tracée dans chacune des deux surfaces adiabatiques ; nous aurons ainsi formé un cycle fermé ABCA, que l'on pourra faire décrire au corps ; or, pendant sa transformation, le corps ne serait en relation qu'avec une seule source d'électricité, à laquelle il prendrait ou céderait de l'énergie et qui, par suite, ne pourrait être ramenée à son état initial, une fois le cycle décrit, ce qui est impossible d'après le principe de conservation de l'électricité, à moins que les points A et B ne soient sur une même surface adiabatique, ce qui démontre le corollaire.

2e Corollaire. — *Une machine fonctionnant avec plusieurs sources d'électricité, s'il en existe une dont l'état soit modifié par l'évolution de la machine, il en existera au moins encore une autre qui sera modifiée en sens inverse, l'une recevant et l'autre perdant de l'énergie.*

Si toutes les sources modifiées avaient gagné de l'énergie, en mettant successivement celle de potentiel le moins élevé en communication électrique avec les autres, ces dernières pourraient être ramenées à leur état initial, et

formeraient avec la machine donnée une machine complexe fonctionnant avec une seule source, la source de potentiel le moins élevé, qui aurait reçu de la machine donnée et des autres sources une certaine quantité d'énergie, ce qui est impossible d'après le principe de conservation.

Si toutes les sources modifiées avaient perdu de l'énergie électrique, en mettant celle de potentiel le plus élevé en relation électrique avec les autres, de façon à ramener ces dernières à leur état initial, on réaliserait une machine complexe fonctionnant avec une seule source, celle de potentiel le plus élevé, qui aurait perdu de l'énergie électrique, ce qui est encore impossible ; et le corollaire est ainsi démontré.

Si la machine ne fonctionne qu'avec deux sources, l'une recevant ou perdant de l'énergie électrique, l'autre en perd ou en reçoit.

3e Corollaire. — *Dans une machine fonctionnant entre deux sources d'électricité, le rapport de la quantité d'énergie électrique puisée à l'une des sources à la quantité d'énergie électrique versée à l'autre, est indépendant de la nature des systèmes employés dans les opérations.*

Soit une machine qui prend une quantité Q_1 (positive ou négative) d'énergie électrique à une source S_1, pour en verser une quantité Q_0 à une autre S_0 de potentiel différent. Accouplons cette machine à une machine de Carnot fonctionnant entre les mêmes sources d'électricité, et qui cède la quantité Q_1 d'énergie électrique à la source S_1, de manière à la ramener à son état initial après une évolution de chacune des deux machines. La machine de Carnot recevra de la source S_0 la quantité Q_0 d'énergie versée par la machine donnée, puisque celle-ci forme avec la machine de Carnot et la source S_1 une machine complexe fonctionnant avec la seule source S_0, qui doit revenir à son état initial d'après notre principe.

Si maintenant la machine donnée est remplacée par une autre, prenant une quantité $Q'_1 = \frac{m}{n} Q_1$ d'énergie à la

première source S_1, elle versera une quantité $Q'_0 = \frac{m}{n} Q_0$ d'énergie à la seconde source S_0, car, si l'on accouple encore cette machine avec la même machine de Carnot, la première faisant n évolutions pendant que la seconde en exécute m dans un sens convenable, la source S_0 devra encore être ramenée à son état initial, ce qui s'exprime par l'égalité à démontrer

$$n\, Q'_0 = m\, Q_0.$$

4e Corollaire. — *La quantité d'énergie électrique échangée par une machine de Carnot avec chacune des sources qui la font fonctionner, est indépendante de la voie équipotentielle par laquelle se fait l'échange.*

Étant données les deux surfaces équipotentielles et les deux surfaces adiabatiques d'isolement au point de vue électrique entre lesquelles fonctionne cette machine, le cycle qu'elle peut décrire n'est pas encore défini : il comprend notamment deux lignes équipotentielles quelconques $A_1 B_1$ et $A_0 B_0$ tracées sur les deux surfaces équipotentielles et comprises, chacune, entre les deux surfaces adiabatiques. A la partie du cycle de la machine que définit chacune de ces lignes, correspond un échange d'énergie électrique Q_1 ou Q_0 entre la machine et l'une ou l'autre source S_1 ou S_0. D'après le corollaire précédent, le rapport $\frac{Q_1}{Q_0}$ est déterminé : laissons fixe la ligne $A_0 B_0$, ce qui ne changera pas Q_0, et faisons varier la ligne $A_1 B_1$; quelle que soit cette dernière ligne, la machine échangera, avec la source S_1, la même quantité Q_1 d'énergie, puisque le rapport $\frac{Q_1}{Q_0}$ est invariable. Nous aurions pu, de même, laisser fixe la ligne $A_1 B_1$, et voir que, quelle que fût la ligne $A_0 B_0$, la machine échangerait aussi, avec la source S_0, la même quantité Q_0 d'énergie électrique, ce qui établit le corollaire.

5e Corollaire. — *Dans une machine qui fonctionne entre deux sources, la plus grande quantité d'énergie électrique est échangée avec la source de potentiel le plus élevé.*

C'est, pour ainsi dire, évident, si c'est la source de potentiel le plus élevé qui reçoit de l'énergie, car, en la mettant en relation électrique avec l'autre jusqu'à ce qu'elle soit ramenée à son état primitif, cette dernière, qui aura reçu moins d'énergie que n'en aura perdu la première, sera également revenue à son état primitif d'après notre principe, puisque la machine donnée et la source de potentiel le plus élevé peuvent être considérées comme formant une nouvelle machine fonctionnant avec la seule source de potentiel le moins élevé.

Si la source de potentiel le plus élevé perd de l'énergie, une machine de Carnot qui lui restituerait l'énergie cédée prendrait à l'autre source la quantité d'énergie versée par la machine donnée. Or, d'après ce qui vient d'être dit, cette machine de Carnot verse plus d'énergie qu'elle n'en reçoit ; la machine donnée reçoit donc de la source de potentiel supérieur plus d'énergie électrique qu'elle n'en cède à l'autre source ; et la proposition est démontrée.

4. *Échelle absolue des potentiels.* — L'application de ces corollaires à une machine de Carnot va nous conduire à la notion scientifique du potentiel considéré comme *quantité mesurable*, et nous apprendre à déterminer numériquement le potentiel d'un corps quelconque. Deux choses restent arbitraires, par exemple, le potentiel qui nous servira de point de départ et le nombre qui mesurera ce potentiel. Nous verrons du même coup, ce que l'on doit entendre par la quantité d'électricité considérée également comme quantité mesurable.

Supposons que le potentiel pris comme repère soit celui de la terre, et soit E_0 le nombre positif qui le mesure.

Considérons une machine de Carnot fonctionnant entre une source fixe d'électricité S_0, qui peut être tout corps conducteur en communication avec la terre, et une autre source quelconque S, dont nous voulons mesurer le potentiel E. Ce potentiel pourra être plus élevé ou moins élevé que celui de la terre ; s'il est plus élevé, la machine de

Carnot échangera, d'après le cinquième corollaire, avec la source S, une quantité d'énergie électrique Q plus grande que la quantité Q_0 échangée avec la source S_0, et d'autant plus grande que son potentiel sera plus élevé. Si le potentiel de la source S est moins élevé que celui de la terre, la machine échangera avec elle une quantité d'énergie Q plus petite que Q_0, et d'autant plus faible que son potentiel sera moins élevé. Posons

$$(1) \qquad \frac{Q}{Q_0} = \frac{E}{E_0}.$$

Cette équation détermine une valeur de E qui sera, par définition, le potentiel de la source S. Cette valeur est, d'après le troisième corollaire, indépendante de la nature des systèmes employés, machine et sources, en sorte que nous concevons ainsi une échelle absolue des potentiels, comme Lord Kelvin avait conçu l'échelle absolue des températures.

D'après ce qui vient d'être dit, E sera supérieur ou inférieur à E_0 suivant que ce nombre définira un potentiel supérieur ou inférieur à celui de la terre, en sorte que les nombres mesurant les potentiels augmenteront, comme cela doit être, dans le sens des potentiels croissants.

Au lieu de définir l'échelle absolue des potentiels par la valeur numérique E_0 assignée à un potentiel de repère, on peut la définir en assignant une valeur numérique donnée à la différence de deux potentiels parfaitement déterminés ; c'est même ainsi, comme nous le verrons dans la suite, qu'a été fixée l'unité de potentiel ; et l'on compte les valeurs relatives du potentiel par rapport à l'un des deux potentiels qui ont servi à définir l'échelle et qui peut être, par exemple, celui de la terre supposé égal à zéro.

5. *Le zéro absolu du potentiel.* — Aucune limite supérieure ne paraît imposée aux potentiels ainsi mesurés, mais on ne peut concevoir un potentiel inférieur au zéro

de cette échelle. Dire que ce potentiel pourrait s'abaisser à une valeur négative — E', c'est dire, d'après la définition même du potentiel, qu'une source d'électricité à ce potentiel, combinée avec la source de base, de potentiel E_0, dans une machine réversible de Carnot, céderait ou prendrait de l'énergie électrique à la machine en même temps que la source de base, ce qui est contraire au deuxième corollaire. Nous arrivons donc à cette conclusion, fort importante, sur laquelle l'attention ne paraît pas avoir été jusqu'ici appelée, c'est que le potentiel, comme la température, a son zéro absolu.

De même que la glace fondante, qui détermine le zéro de nos thermomètres, a une température absolue de 273°7, de même la terre a un potentiel absolu ; il n'est, peut-être, pas rigoureusement invariable comme la température de la glace fondante, et il serait intéressant de le connaître ; mais si la température correspondant au zéro de nos thermomètres a pu être déterminée, grâce aux propriétés thermo-élastiques connues des gaz parfaits, il n'en est pas de même, dans l'état actuel de la science, pour le potentiel de la terre dont nous ignorons la valeur absolue. Peut-être ces mêmes gaz parfaits, qui sont des isolants, jouissent-ils aussi de propriétés électriques simples, qui permettraient de tirer de l'observation de certains phénomènes électrostatiques le potentiel absolu de la terre.

Comment se fait-il que cette notion du potentiel absolu ait pu échapper jusqu'ici à toutes les théories électriques, et qu'aucun fait expérimental n'ait conduit à la soupçonner? On en trouve, pensons-nous, l'explication dans ce fait très probable que le potentiel absolu de la terre est déjà très élevé, et que les écarts réalisés, notamment dans les expériences d'électrostatique, sont répartis sur une très petite étendue de l'échelle absolue. Tous ces potentiels sont, sur cette échelle, rassemblés à une si grande dis-

tance de son origine, que cette distance apparaît comme infinie.

6. *La quantité d'électricité.* — Si une machine de Carnot fonctionne successivement entre diverses sources S_1, S_2,... d'électricité et la source de base S_0, en échangeant avec ces diverses sources les quantités respectives d'énergie électrique Q_1, Q_2,... Q_0, que nous supposerons d'abord prises en valeur absolue avec le signe positif, on aura, d'après (1), E_1, E_2,... E_0 étant les potentiels de ces sources,

$$\frac{Q_1}{E_1} = \frac{Q_2}{E_2} = \ldots\ldots = \frac{Q_0}{E_0} = i.$$

Ce qui prouve que, pour toute transformation équipotentielle d'un corps, comprise entre deux surfaces adiabatiques fixes, le rapport de la quantité d'énergie déplacée Q au potentiel correspondant E, est constant et égal à une quantité i, qui ne dépend que des deux surfaces adiabatiques choisies. On aura donc

$$(2) \qquad \frac{Q}{E} = i \qquad \text{et} \qquad Q = Ei.$$

E étant essentiellement positif comme la température absolue, convenons de donner à Q et i un même signe, qui sera positif ou négatif suivant que le corps aura cédé ou absorbé de l'énergie électrique.

Si le corps part d'un état A bien défini, et arrive à un autre état B également bien défini, après avoir subi une succession de transformations équipotentielles et adiabatiques au point de vue électrique, on aura, quelle que soit la suite de ces transformations.

$$\Sigma \frac{Q}{E} = \text{constante}.$$

Car chaque transformation équipotentielle peut être remplacée entre les deux mêmes surfaces adiabatiques,

par une autre transformation équipotentielle, opérée toujours sous le même potentiel E_0, en sorte que $\Sigma \frac{Q}{E}$ est égal à la quantité Q_0 d'énergie électrique cédée à ce potentiel, par le corps entre les deux surfaces adiabatiques extrêmes, cette quantité Q_0 étant divisée par le potentiel correspondant E_0. On a donc

$$\Sigma \frac{Q}{E} = \frac{Q_0}{E_0}$$

et comme, pour ce potentiel auxiliaire E_0, Q_0 ne dépend que des états extrêmes A et B du corps, et nullement des transformations équipotentielles ou adiabatiques subies dans l'intervalle, $\Sigma \frac{Q}{E}$ est bien une constante.

On peut encore supposer que les éléments des lignes équipotentielles et adiabatiques sont infiniment petits, et que le corps est successivement mis en relation avec des sources d'électricité en nombre infini et à des potentiels infiniment voisins : on réalisera ainsi la transformation réversible la plus générale par laquelle un corps puisse passer d'un état A à un autre état B.

L'équation précédente prend alors la forme

$$(3) \qquad \int_A^B \frac{dQ}{E} = i = \text{const.}$$

On voit que quand un corps passe d'un état à un autre par voie réversible quelconque, il existe une quantité i qui n'est nullement liée à la succession des états intermédiaires pris par le corps dans l'intervalle, et qui ne dépend que de ses états extrêmes. Par définition c'est la *quantité d'électricité cédée par le corps*.

7. *Mesure de la quantité d'électricité.* — Chaque fois qu'un corps subit une transformation équipotentielle au potentiel E, sa quantité d'électricité diminue ou augmente d'une unité pour chaque quantité d'énergie électrique égale à E qu'il cède ou qu'il reçoit. Chaque fois que ce

corps subit une transformation adiabatique au point de vue électrique, sa quantité d'électricité reste constante.

D'après l'équation (2) l'unité de quantité d'électricité est celle que reçoit ou cède un corps maintenu à potentiel constant, quand ce corps absorbe ou cède une quantité d'énergie électrique égale à la valeur absolue de son potentiel. Cette définition n'a qu'une portée théorique, car nous ne connaissons pas la valeur absolue du potentiel, et nous ne savons pas davantage mesurer la quantité d'énergie sortant d'un corps sous forme électrique, mais nous verrons plus loin qu'on peut définir l'unité de quantité d'électricité d'une façon plus pratique.

On conçoit difficilement qu'au cours d'une transformation équipotentielle d'un corps qui cède de l'énergie électrique, cette quantité d'énergie perdue puisse s'accroître au delà de toute limite en supposant même l'opération indéfiniment prolongée. La quantité d'électricité contenue dans un corps a donc, sans doute, une valeur déterminée et absolue, de même que ce corps a un volume, une température, un potentiel et même une entropie déterminés en valeur absolue. Ceci tendrait à prouver que, dans toute représentation graphique, les surfaces équipotentielles indéfiniment prolongées dans le sens de la diminution de la quantité d'électricité, doivent se rapprocher indéfiniment entre elles et des surfaces adiabatiques.

Quoi qu'il en soit, la valeur absolue de la quantité d'électricité contenue dans un corps nous est inconnue, et nous devons nous borner à la mesurer à partir d'un état bien déterminé, pris comme terme de comparaison. Dans tout autre état, la quantité positive ou négative d'électricité sera l'intégrale $\int_B^A \frac{dQ}{E}$, prise sur un cycle réversible quelconque et capable de faire passer le corps de l'état considéré B à l'état pris comme repère A.

C'est ce que nous exprimons en disant que dans une

transformation réversible $\frac{dQ}{E}$ est la différentielle exacte d'une fonction i, qui représente la quantité d'électricité

$$\frac{dQ}{E} = di. \tag{4}$$

Et c'est encore ce que nous exprimons en disant que dans un cycle fermé on a

$$\int \frac{dQ}{E} = 0.$$

Q_1 et Q_0 étant les quantités d'énergie électrique échangées par deux sources aux potentiels E_1 et E_0, avec une machine de Carnot, on a, d'après (2),

$$\frac{Q_1}{E_1} = \frac{Q_0}{E_0} = i.$$

Si la machine fonctionne dans un sens convenable, i sera la quantité positive d'électricité puisée à la source de potentiel inférieur E_0 et versée à la source de potentiel supérieur E_1. L'énergie prise à la première source sera $Q_0 = E_0 i$ et l'énergie cédée à la seconde sera $Q_1 = E_1 i$. Si l'on met alors les deux sources en communication électrique à l'aide d'un canal de conductibilité médiocre, jusqu'à ce que la première soit revenue à son état initial, la seconde sera également revenue à son état initial d'après notre principe fondamental, la première aura perdu $E_1 i$ d'énergie, la seconde aura gagné $E_0 i$. La différence $(E_1 - E_0)i$ aura été transformée dans le canal de communication en une quantité W de chaleur que nous savons mesurer, et on aura

$$W = (E_1 - E_0)i. \tag{5}$$

Si, dans l'état actuel de la science, nous ne pouvons pas évaluer E_1 et E_0, nous savons mesurer la différence $E_1 - E_0$; et l'équation précédente nous permet de calcu-

ler i, c'est-à-dire, la quantité d'électricité qui passe d'un corps à un autre, pendant un certain temps, tous les deux étant maintenus à des potentiels constants, et mis en relation par un conducteur métallique, quand on connaît la différence de potentiel de ces deux corps, et que l'on mesure la quantité de chaleur dégagée pendant le même temps dans le conducteur de communication.

Nous pouvons donc, par ce procédé, mesurer la quantité d'électricité qui sort d'un corps ou qui y entre, mais nous n'avons aucun moyen pratique de mesurer la quantité d'énergie électrique correspondante ; il nous faudrait, pour cela, connaître la valeur du facteur par lequel il faut multiplier la quantité d'électricité, c'est-à-dire, connaître la valeur absolue du potentiel. Nous ne savons mesurer que la différence entre cette quantité d'énergie et celle que gagnerait ou céderait un corps de potentiel déterminé tel que la terre, s'il recevait ou cédait la même quantité d'électricité.

8. *L'unité de quantité d'électricité.* — La formule (5) nous permet maintenant de donner de l'unité de quantité d'électricité une définition précise : c'est celle qui passe dans un fil conducteur soumis à un courant électrique, quand la différence de potentiel aux extrémités de ce fil est égale à l'unité, et pendant le temps nécessaire au dégagement, dans ce conducteur, d'une unité de chaleur, c'est-à-dire d'une *thermie*, si l'unité d'énergie ou de travail est le kilogrammètre.

9. *Loi de conservation de l'électricité.* — Nous venons de voir qu'une machine de Carnot transporte d'une source à une autre une même quantité d'électricité, que deux sources mises en communication échangent également une même quantité d'électricité. Il y a, dans ces phénomènes, conservation de la quantité d'électricité. La loi est générale, et c'est pour cela que nous avons appelé principe de conservation de l'électricité, le principe fondamental qui sert à établir cette loi.

Si un système reste isolé électriquement pendant une transformation quelconque, la quantité d'électricité qu'il contient sera invariable comme celle d'un corps de potentiel uniforme qui décrit un cycle adiabatique réversible. Dans ce système, en effet, les échanges d'énergie électrique se font entre parties qu'on peut envisager comme des sources portées à des potentiels uniformes, en supposant, au besoin, pour cela que le système et le temps soient divisés en éléments infiniment petits. Ces échanges obéissent à la loi simple que nous venons de rappeler, en sorte qu'il y a toujours compensation dans toutes les parties du système entre les quantités d'électricité gagnées et perdues.

C'est ce qui doit arriver dans notre monde s'il est permis de le considérer comme un système isolé non seulement au point de vue électrique, mais encore à tous les autres points de vue ; et alors il y a conservation non seulement d'électricité, mais de volume, de matière et, en un mot, de toutes les formes d'entropie, sauf de l'entropie calorifique, qui augmente sans cesse.

10. *Équation différentielle de l'énergie, en fonction de l'entropie, du volume et de la quantité d'électricité.* — Nous avons maintenant tous les éléments nécessaires pour poser l'équation différentielle de l'énergie U d'un corps, exprimée en fonction de son volume, de son entropie et de sa quantité d'électricité, trois variables que nous pouvons évidemment substituer aux trois autres, pression, température et potentiel, que nous avons supposées prises jusqu'ici pour définir l'état d'un corps et par conséquent son énergie. Nous aurons

$$dU = TdS - pdv - Edi. \tag{6}$$

La fonction U ainsi exprimée est, suivant l'expression de Massieu, une fonction caractéristique du corps : si elle était connue, elle permettrait d'exprimer en fonction des mêmes variables S, v, i, tous les coefficients dont la con-

sidération peut présenter de l'intérêt dans l'étude des propriétés thermiques, électriques et élastiques d'un corps.

11. *Le potentiel thermodynamique.* — Il en existe d'ailleurs sept autres, comme nous l'avons montré ailleurs (1), exprimées à l'aide de trois des six variables, T, p, E, S, v, i, convenablement choisies ; nous choisirons parmi ces dernières la fonction caractéristique exprimée en fonction des trois tensions T, p, E, et nous la désignerons par la lettre H. Elle se déduit de la forme primitive U en posant

$$H = U - TS + pv + Ei \tag{7}$$

d'où l'on tire, eu égard à l'équation (6),

$$dH = -SdT + vdp + idE. \tag{8}$$

Telle est l'équation différentielle de la fonction caractéristique H exprimée en fonction des trois tensions T, p, E. On en tire immédiatement pour l'expression de l'entropie, du volume, et de la quantité d'électricité

$$S = -\frac{dH}{dT}, \tag{9}$$

$$v = \frac{dH}{dp}, \tag{10}$$

$$i = \frac{dH}{dE}, \tag{11}$$

et pour l'expression de l'énergie, eu égard à (7),

$$U = H - T\frac{dH}{dT} - p\frac{dH}{dp} - E\frac{dH}{dE}. \tag{12}$$

M. Duhem appelle potentiel thermodynamique à pression constante la fonction H réduite aux deux variables

(1) *Chaleur et Énergie*, Encyclopédie scientifique des aide-mémoire de M. Léauté, chap. IV, p. 138.

T et p dans l'étude des phénomènes thermo-élastiques ; si l'on y ajoute la variable E, il n'y a pas plus de raison d'appeler cette fonction potentiel à pression constante qu'à tension électrique constante. Nous appellerons simplement la fonction H *le potentiel thermodynamique*, malgré les confusions que peut entraîner cette dénomination, en raison de l'usage regrettable qui s'est depuis longtemps établi d'appeler potentiel la tension électrique.

E. Ariès.

LE RIRE ET SES ANOMALIES [1]

« Lorsqu'après un hiver affreux, le soleil reprend sa fécondité et nous ramène les douces influences qui fondent les neiges et les glaces et qui rendent à la terre sa fertilité naturelle ; alors, tout change à nos yeux, tout prend une nouvelle couleur, tout rajeunit. »

Ce sont là les termes qu'Érasme (2) prête à la folie pour célébrer ses heureux effets sur les humains. Par la folie, il entend non pas le désordre maladif de l'intelligence, mais cet abandon, ce laisser-aller de l'esprit qui est une des formes de la belle humeur, de la gaieté, la compagne du rire.

Oui, le rire est vraiment le rayon de soleil qui illumine, qui échauffe, qui anime. Il nous apparaît comme le symptôme de l'allégresse. Il est la signature du bien-être et il évoque tout naturellement l'idée de la santé physique et mentale dans sa plénitude, dans son entier épanouissement.

Et pourtant, le rire peut devenir la manifestation d'un état morbide. Il est parfois une anomalie, il offre des aberrations.

C'est à étudier ces anomalies, ces aberrations, ou plus exactement, à en effleurer l'étude, que seront consacrées les lignes qui vont suivre.

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique, le 24 avril 1906.

(2) Erasme, *L'éloge de la folie.*

Dans le rire — j'entends le rire normal — il y a un geste et un état d'âme, il y a des modifications corporelles et des modifications psychiques.

Les modifications somatiques présentent une extension graduelle, un développement progressif dans lequel je distinguerai — assez artificiellement, j'en conviens — trois stades, trois degrés.

Le degré inférieur que nous appellerons *le sourire*, nous montre les phénomènes de la *mimique faciale*.

Dans le second degré, qu'on pourrait nommer *le rire proprement dit*, aux mouvements de la face se joignent *les phénomènes de phonation et de respiration* : c'est le rire qu'on entend.

Enfin, au troisième stade, qu'avec Dugas (1) on désignera, si l'on veut, du nom de *surrire*, apparaissent les phénomènes de motilité des membres et du tronc.

Les phénomènes de la mimique faciale consistent essentiellement dans le mouvement de retrait oblique, en haut et en dehors, des coins de la bouche. La lèvre supérieure se tend, les dents apparaissent. Les plis naso-labiaux se dessinent nettement et s'incurvent. La pommette s'arrondit et devient saillante ; la paupière inférieure s'élève légèrement

Le rire ou le sourire tend à élargir le visage : c'est pourquoi, suivant la remarque de Schack (2), les figures larges nous semblent plus gaies tandis qu'un visage allongé est un signe de chagrin. Tirer une longue mine, ce n'est pas le fait de l'homme hilare et réjoui.

Souvent, particulièrement chez les individus relativement avancés en âge, où la peau a perdu de sa souplesse, où l'exercice répété du rire a imprimé ses plissements, on voit apparaître à la tempe, au niveau de l'angle externe

(1) Dugas, *Psychologie du rire*. Paris, 1902.

(2) Schack, *La physionomie chez les hommes et chez les animaux dans ses rapports avec l'expression des émotions et des sentiments*, p. 127. Paris, 1887.

de l'œil, des rides rayonnantes formant ce qu'on appelle *la patte d'oie.*

Le rire peut être déformé par l'alliage à la gaieté d'autres sentiments, d'autres émotions. De plus, au lieu d'être la manifestation naturelle, automatique de la mimique émotive, il peut devenir le produit du langage mimique, de ce que Morselli (1) appelle *la mimique significative*, processus qui est volontaire, qui possède un caractère conventionnel, artificiel et qui a pour but de déguiser les sentiments autant que de les exprimer. Ainsi naissent le rire moqueur, le rire méprisant, le rire étonné, le rire de la pitié, de la bienveillance, du dépit.

Au second stade, celui du rire audible, s'ajoutent les phénomènes de phonation et de respiration. Les cordes vocales se tendent, la glotte se resserre. Il se produit des séries d'expirations brusques, saccadées, s'accompagnant d'un son, le son du rire, séparées par des inspirations profondes. Chez l'enfant où le rire sonore se déploie avec ses propriétés naturelles, ainsi que chez la femme, le son est celui des voyelles *i* et *e* ; chez l'adulte, chez l'homme, il prend généralement la tonalité de l'*a* ou de l'*o*. Parfois, il devient rauque, assourdi comme dans le ricanement, dans le rire étouffé.

C'est qu'ici encore interviennent l'influence de sentiments associés et l'action de la volonté cherchant à se conformer aux règles de la bienséance ou recourant aux artifices de la dissimulation. Ces rires forcés ont excité l'indignation de Carlyle. « Ces gens-là, dit-il, ils ne font que renifler, ricaner du fond de la gorge ; ils émettent tout au plus une cachination sifflante et sourde comme s'ils riaient à travers un paquet de laine. »

Enfin, au dernier stade, celui du surrire, se produit la participation du tronc et des membres. Ce sont des tré-

(1) Morselli. *Manuale di Semejotica delle malattie mentali.* Tome II, p. 230.

pignements des pieds, des battements de mains ; le corps se tord en de véritables convulsions. Les secousses respiratoires se succèdent avec rapidité, avec force et ébranlent douloureusement la poitrine : il faut se tenir les côtes. Chez beaucoup, à ce degré, l'œil n'est plus seulement brillant, humide ; il se baigne de pleurs : on rit aux larmes. Parfois, surtout chez la femme, se produit de la miction involontaire. Selon Bechterew (1), elle ne serait point la conséquence des efforts respiratoires, mais elle résulterait de la propagation de la stimulation du centre mimique au centre de la miction, qui, dans l'écorce et dans la couche optique, est voisin du centre de l'expression émotive.

L'agent principal de la mimique faciale, du rire est un muscle qui s'étend diagonalement de la pommette ou zygome à la commissure des lèvres. C'est *le grand zygomatique*, ainsi qualifié pour le distinguer d'un collègue de moindre envergure nommé *le petit zygomatique*.

On le désigne encore sous le nom de *zygomato-labial* (Chaussier), d'*élévateur oblique externe de la commissure des lèvres* (Mathias Duval).

En raison du rôle prépondérant qu'il joue dans les manifestations faciales de l'hilarité, Duchenne de Boulogne l'a nommé *le muscle du rire*.

Si l'on pratique l'électrisation localisée des deux grands zygomatiques par l'intermédiaire des filets nerveux qui les animent, on réussit à créer l'expression approchante du rire.

Mais cette expression a quelque chose de faux, de contraint. La raison en est, comme le pense Raulin (2), qu'il y manque la contraction de la paupière inférieure qui fait partie intégrante du rire naturel.

(1) Bechterew, *Ueber unwillkurlichen Harnabgang beim Lachem*, NEUROLOG. CENTRALBLATT, 15 mai 1899.

(2) Raulin, *Le rire et les exhilarants*, p. 42. Paris, 1900. J'ai fait à cet ouvrage de nombreux emprunts.

Les muscles de la face, ceux du rire compris, sont sous la dépendance de centres nerveux, de fibres nerveuses.

Il s'en faut que l'accord soit établi sur la topographie exacte et sur la signification de ces centres, sur le trajet de ces fibres (1). L'exposé que je vais faire ne doit donc être accepté que sous bénéfice de vérification. Les muscles de la face sont, tout à la fois, des agents de la mimique et des instruments de la parole articulée. De plus, la volonté

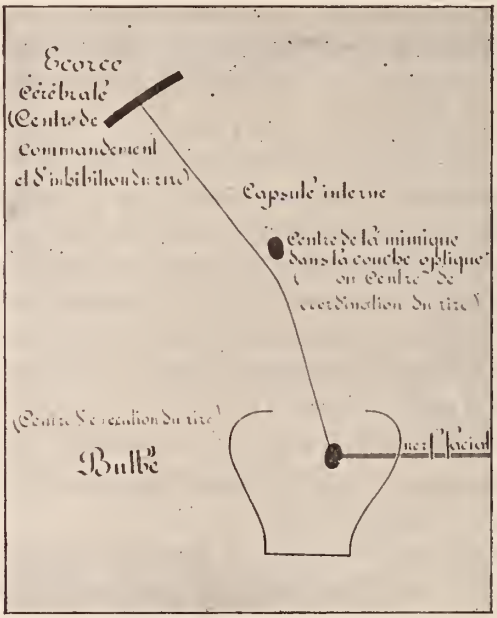


FIG. 1. — Schéma de l'appareil nerveux du rire.

peut les mettre en activité pour des besoins divers. A ces différentes attributions correspondent des centres distincts.

A la surface du cerveau, les centres des différentes actions faciales se trouvent dans la région périrolandique inférieure et dans la portion contiguë de la région frontale inférieure.

(1) Voir Grasset, *Les centres nerveux*, p. 192. Paris, 1905.

Les fibres émanant de ces centres descendent vers le bulbe par la couronne rayonnante (Voir fig. 1).

Celle-ci se condense en une masse aplatie pour passer entre les amas de substance grise appelés *les ganglions opto-striés*. Elle constitue *la capsule interne* (Fig. 2, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*).

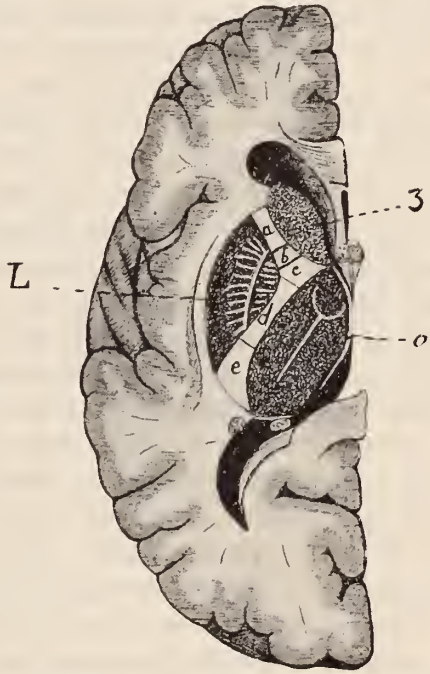


Fig. 2. — Coupe horizontale de l'hémisphère gauche, dite coupe de Flechsig (d'après Testut).

S, Noyau caudé du corps strié, — *L*, noyau lenticulaire, — *O*, Thalamus opticus ou couche optique, — *a*, faisceau psychique, — *b*, faisceau de l'aphasie, — *c*, faisceau géniculé ou genou de la capsule interne, — *d*, faisceau pyramidal, — *e*, faisceau sensitif.

Considérons la capsule interne sur une coupe horizontale. Elle nous présente deux segments formant un angle ouvert en dehors : un *segment antérieur* ou *segment lenticulo-strié*, situé entre le noyau caudé du corps strié en dedans et le noyau lenticulaire en dehors (Fig. 2, *a*, *b*)

et un *segment postérieur* ou *lenticulo-optique* situé entre la couche optique en dedans et le noyau lenticulaire en dehors (Fig. 2, *d*, *e*). Le point de jonction des deux segments, le sommet de l'angle constitue *le genou* de la capsule interne (Fig. 2, *c*).

Les diverses fibres du facial ne sont point confondues dans le même point de la capsule interne. Celles qui sont destinées aux mouvements volontaires de la face se trouvent dans *le faisceau géniculé* (Fig. 2, *c*). Les fibres destinées aux mouvements de la face intervenant pour produire la parole articulée se trouvent dans le *faisceau dit de l'aphasie* (Fig. 2, *b*). Enfin, les fibres de la mimique faciale se trouvent dans le faisceau que Brissaud a nommé *faisceau psychique* (Fig. 2, *a*). Tandis que les fibres faciales volontaires traversent la capsule interne sans s'arrêter dans la substance grise opto-striée, les fibres mimiques font une station dans la partie antérieure de la couche optique (voir schéma, fig. 1). Cette partie antérieure de la couche optique constitue, selon Bechterew, le centre de la mimique faciale : il a pour fonction de coordonner les mouvements constituant cette mimique.

Toutes les fibres faciales se portent vers le noyau du facial dans le bulbe ou plus exactement dans l'épaisseur du pont de Varole. De là émerge le nerf facial.

Le centre cortical du nerf facial est tout à la fois le centre du commandement du rire et le centre de la répression.

Lorsque le rire est voulu, le centre du commandement transmet le stimulus au centre thalamique qui le coordonne et le distribue de façon à obtenir le résultat désiré. Le stimulus passe ensuite au centre bulbaire d'exécution.

Si le rire qui tend à se produire doit être réprimé, l'action inhibitoire se transmet, sans doute directement, au centre d'exécution qu'elle enraye.

Dans tout ce qui précède, je n'ai eu en vue que la mimique faciale du rire. Celui-ci devient-il sonore, c'est que l'excitation se propage à l'appareil nerveux respira-

toire et phonateur, c'est-à-dire au noyau du nerf pneumogastrique et au noyau du nerf spinal.

Dans le surrire, la stimulation se communique à la colonne grise, des cornes antérieures de laquelle relèvent les mouvements des membres et du tronc.

Nous devrions rechercher maintenant quel est l'état d'âme, l'émotion, le sentiment qui correspond au rire et déterminer les conditions psychologiques de ce phénomène. Nous adresserons-nous « au peuple ou aux habiles » ? Les habiles ne manquent pas. Un grand nombre de penseurs et non des moindres, se sont attachés à étudier la psychologie du rire, à définir, à expliquer l'état affectif qui l'accompagne, à scruter la nature du risible.

Dans ces derniers temps, Dugas (1), Bergson (2), Sully (3), Michiels (4), Mélinaud (5) ont produit sur ce sujet des travaux de haut intérêt. De multiples théories ont été proposées. Certaines, celle de Bergson entre autres, sont de pures merveilles d'ingéniosité, des chefs-d'œuvre d'analyse subtile et délicate.

Sans dédaigner aucunement de tels efforts, il nous suffira, pour le but que nous nous proposons, de consulter « le peuple », le sens commun.

Dans son simplisme vite satisfait, il nous répondra que le rire est plus spécialement la manifestation ou l'accompagnement de la gaieté et que la gaieté a sa source principale dans le plaisant, le comique, — j'allais dire... mais

(1) Dugas, *Psychologie du rire*. Paris, 1902.

(2) Bergson, *Le rire, essai sur la signification du comique*. Paris, 1904.

(3) James Sully, *Essai sur le rire*. Paris, 1904.

(4) Alfred Michiels, *Le monde du comique et du rire*. Paris, 1887.

(5) Mélinaud, *Pourquoi rit-on ? Étude sur la cause psychologique du rire* (REVUE DES DEUX MONDES, tome CXXVII, 1895).

Sans prétendre donner la littérature de la psychologie du rire, qu'on trouvera dans les travaux indiqués ci-dessus, je veux signaler deux ouvrages récents qui traitent d'une manière très intéressante des aspects particuliers de la question : Prof. Dr Sigm. Freud, *Der Witz und seine Beziehung zum Unbewussten*. Leipzig et Vienne, 1905 — Paul Gaultier, *Le rire et la caricature*. Paris, 1906.

la tautologie est vraiment trop criante... dans le ridicule, dans le risible.

Les déviations que présente le rire se rencontrent dans chacun de ses éléments : dans sa partie psychique, dans sa cause psychologique ainsi que dans ses manifestations extérieures. Comme passage du normal à l'anormal, nous envisagerons *le fou rire*.

Mon éminent collègue, M. Vanlair l'a décrit, d'après des souvenirs personnels, avec son talent exquis d'observateur et d'écrivain (1).

« En compagnie d'un ami, dit-il, j'avais été prié à un dîner intime dans une famille qui nous voulait du bien, et dont nous reçumes un accueil on ne peut plus cordial. Le repas fini, la dernière coupe de champagne vidée, nous passâmes au salon. On vint à parler musique, et sur nos vives instances, la femme de notre hôte, comme Georgina Smolen, « se leva pour chanter », non pas, hélas ! la douce et mélancolique romance du Saule, mais un air de bravoure de je ne sais quel opéra. A défaut d'accompagnateur, elle prit place au piano, son mari, debout à côté d'elle, s'apprêtant à tourner les pages... Un toussottement discret pour éclaircir la voix, quelques accords en guise de prélude, et la dame commença.

» Dès les premières notes, nous nous regardâmes ahuris. Jamais, au grand jamais, ni mon ami, ni moi n'avions entendu pareils sons issir d'une gorge humaine : on eût dit un orchestrion détraqué où, sans cadence et sans frein, trompettes, cymbales, clairons auraient alterné leurs grinçantes strideurs, tout cela scandé d'arrêts soudains et de brusques départs ; quelque chose d'inouï, d'indescriptible, qui n'était plus un chant, mais une épouvantable cacophonie, si bien que tout à coup mon compagnon, puis

(1) C. Vanlair, *La Physiologie du rire* (Lecture faite dans la séance publique de la classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique, le 16 décembre 1905, pp. 1295-1321).

moi fûmes pris d'un rire aigu, inextinguible, d'un de ces rires que nulle puissance au monde ne saurait réprimer.

» Pour un empire, nous n'eussions voulu faire offense à nos hôtes ; et rien non plus ne pouvait clore nos lèvres. Fâcheux dilemme qu'il fallait néanmoins résoudre, et résoudre à l'instant. Il ne s'offrait à nous qu'un moyen d'en sortir : rire silencieusement, sans émettre un seul son, comme l'eût fait un malade frappé d'une aphonie complète.

» Encore avions-nous une crainte horrible, celle de voir le mari tourner la tête de notre côté et nous surprendre ainsi « flagrante delicto ». J'avais beau, pour ma part, évoquer des souvenirs funèbres, vainement appelai-je à mon aide l'illusion diversive de quelque catastrophe imaginaire : toujours, sans trêve, se continuait cet affreux rire. Il dura près d'un quart d'heure qui nous parut un siècle.

» A la dernière minute seulement, la douloureuse fatigue de mes muscles, et sans doute aussi l'imminence d'une suffocation mortelle amenèrent, par bonheur, une détente subite. Et, la voix chevrotante, les lèvres encore agitées d'une trémulation convulsive, au prix d'un effort surhumain, je pus enfin, comme il convenait, complimenter notre hôtesse sur l'incomparable beauté de sa voix. »

Ce qui caractérise le fou rire, c'est son irrésistibilité. C'est comme un accès convulsif qui doit avoir son cours.

Sa véhémence n'est pas en proportion de la cause extérieure qui le provoque. Les raisons de l'ordre le plus élevé sont impuissantes à le réprimer. Il semble même, suivant la remarque de Montesquieu, que le contraste entre la situation où l'on est et celle où l'on devrait être ne fait que le stimuler.

Voltaire raconte l'histoire d'une dame qui, voyant sa fille presque agonisante, s'écria : « Mon Dieu, rendez-la moi et prenez tous les autres. » Un de ses beaux-fils s'avance et lui demande gravement : « Madame, vos gen-

dres en sont-ils ? » Assurément, ce n'était pas l'heure de plaisanter et de s'adonner à l'hilarité. Il n'empêche que tous les assistants furent pris d'un accès de fou rire. La mourante elle-même y participa et Voltaire nous dit que, dès lors, elle alla de mieux en mieux.

Le fou rire suppose la défaillance du psychisme supérieur, du pouvoir frénateur : c'est l'automatisme qui l'emporte.

Cette défaillance peut se montrer à titre accidentel, même chez les natures les mieux pondérées : *Quandoque bonus dormitat Homerus.*

Elle constitue un état habituel chez les déséquilibrés, chez les hystériques en particulier.

L'hystérique présente une aptitude exagérée au rire, sous l'influence des causes les plus légères, ou même sans cause appréciable : l'hilarité revêt facilement chez lui le caractère convulsif : elle devient immodérée dans son intensité et dans sa durée. Briquet (1) a rapporté le cas d'une jeune femme qui était prise de rires involontaires, que le chagrin n'empêchait pas ; il lui arrivait souvent de rire quand elle avait envie de pleurer et parfois elle riait et pleurait presque en même temps. Quoiqu'elle eût des sentiments pieux très sérieux, elle était parfois prise de spasme inextinguible, à l'église pendant les offices.

Houllier (2) a signalé le cas des filles d'un président de Rouen qui étaient prises d'un fou rire durant une heure ou deux. Alors la mère et les parents arrivaient et, en les voyant ainsi, se mettaient eux aussi à rire involontairement. Mais bientôt, ils s'arrêtaient, exhortaient les malades, les morigénaient, les menaçaient. Rien n'y faisait ; les jeunes filles continuaient à rire, assurant qu'elles ne pouvaient s'en empêcher.

Parfois le fou rire fait partie intégrante de l'accès hys-

(1) Cité par Deschamps, *Le Rire hystérique.* Thèse de Bordeaux, 1905.
(2) Cité par Deschamps.

térique proprement dit, soit qu'il le constitue tout entier, soit qu'il l'annonce, soit qu'il en marque la fin.

Le fou rire s'observe dans d'autres états neuropathiques que l'hystérie : il se montre chaque fois que l'action empêchante des centres corticaux se trouve affaiblie, chaque fois qu'il y a diminution du pouvoir volontaire.

Féré (1) l'a observé comme phénomène prodromique de la chorée.

Une de ses malades âgée de quinze ans s'était toujours bien portée au point de vue nerveux jusqu'au moment où on l'amena à la consultation de Bicêtre en 1893. La mère craignait qu'elle ne devînt folle. Jusqu'alors, elle avait été raisonnable et respectueuse ; elle avait perdu sa grand' mère maternelle trois semaines auparavant et avait montré une émotion très vive ; mais depuis, tout était changé. Une ou deux fois par jour, quelquefois plus souvent dans la dernière semaine, elle partait d'un fou rire dans les circonstances les plus mal appropriées, à l'église, au cimetière. Elle se rendait bien compte que sa joie était intempestive, mais elle l'expliquait par un motif qui, pour sa mère, constituait une circonstance aggravante.

C'était toujours une cause des plus futiles, le chat se mordait la queue, l'oiseau se plongeait la tête dans l'eau, un passant avait un chapeau mal posé ou déformé, etc. Ces explosions paraissaient d'autant plus paradoxales qu'elle continuait à travailler et à vivre dans les conditions ordinaires et qu'elle semblait surprise au milieu des conditions les plus normales. Ces accès de rire duraient souvent un quart d'heure ou plus et reprenaient sitôt qu'on en rappelait le motif. Ce n'était que plus tard que l'inopportunité semblait comprise.

Un examen soigneux ne permit de relever aucun trouble nerveux objectif. Peu à peu, les accès de rire diminuèrent

(1) Féré, *Le Fou rire prodromique* (Revue Neurologique, tome XI, 1903, p. 353).

d'intensité tandis qu'apparaissaient des contorsions de la face, de la maladresse des mains : en quelques jours, le tableau de la chorée se compléta et les accès de rire ne se reproduisirent plus.

C'est la gaieté qui est l'excitant normal du rire ; mais dans certains cas, celui-ci est provoqué par d'autres agents.

Des secousses mécaniques peuvent le déterminer. Sully a constaté que son fils était pris de rire quand il montait à cheval sans selle (1).

Certaines substances, dites exhilarantes, engendrent le rire ; nous en parlerons tout à l'heure.

On voit encore le rire se manifester comme phénomène de détente, de relaxation, à la suite d'une vive frayeur. « Un enfant rira après avoir été effrayé par un chien ; une femme éclate souvent d'un rire nerveux après avoir éprouvé une peur rapide mais violente, par exemple, dans une voiture dont le cheval s'est emporté ou dans un bateau qui a failli chavirer » (Sully).

Les soldats en campagne sont parfois saisis d'un rire nerveux au sortir du danger ; au dire de Darwin (2), les soldats allemands qui, aux avant-postes pendant le siège de Paris, avaient été exposés, pendant des journées entières aux plus grands périls, étaient tout particulièrement disposés à éclater en bruyants éclats de rire à propos de la plus insignifiante facétie. De même, lorsque les petits enfants vont commencer à pleurer, il suffit parfois d'une circonstance inattendue survenant brusquement pour les faire passer des larmes au rire.

Le rire, en pareil cas, est l'équivalent d'autres manifestations motrices survenant dans des conditions semblables ; à la suite d'un accident de chemin de fer, d'un

(1) Du rire par secousses mécaniques, on pourrait rapprocher le rire par chatouillement : Sully en a fait une étude développée.

(2) Darwin, *L'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux*. Traduction française, Paris 1874, p. 216.

coup de grisou, on voit les escapés se livrer à des courses folles.

Comme l'a montré Sollier (1), la surprise de l'accident a suspendu la dépense de l'énergie nerveuse. Lorsque la surprise est passée, il faut que l'énergie accumulée se dégage ; elle le fera tantôt sous la forme du rire, tantôt sous la forme de mouvements de marche.

Mais voici qui, en apparence, est plus paradoxal encore. Le rire peut être l'effet de la douleur physique ou morale.

Lange (2) a observé un jeune homme très intelligent et pas du tout nerveux, chez qui il traitait une ulcération de la langue avec un caustique très douloureux.

Régulièrement, pendant cette opération, au moment où la douleur était au maximum, il était pris d'un violent éclat de rire.

Toulzac (3) cite le cas d'un garde-forestier qui, rentrant à sa cabane, trouve sa femme et ses enfants étendus morts, scalpés et mutilés par les Indiens : il est aussitôt pris d'un accès de rire, s'exclame à plusieurs reprises : « C'est l'aventure la plus singulière que j'ai jamais vue ! » et rit continuellement sans pouvoir s'arrêter, si bien qu'il mourut d'une rupture vasculaire.

Le même auteur raconte qu'une bande de jeunes gens et de jeunes filles de 19 à 24 ans, étaient assis ensemble quand on vint leur annoncer la mort d'un de leurs amis ; ils se regardèrent une seconde l'un l'autre et se mirent tous à rire, et il se passa quelque temps avant qu'ils pussent reprendre leur sérieux.

Dans tous ces cas, dont la relation est un peu trop sommaire et dont l'authenticité n'est peut-être pas rigoureusement établie, on doit admettre que le rire a été la

(1) Sollier, *Le mécanisme des émotions*. Paris, 1905, p. 57.

(2) Lange, *Les émotions, étude psycho-physiologique*. Traduction par G. Dumas. Paris, 1895, p. 165.

(3) Cité par Deschamps.

réaction purement physique de la douleur : si je puis ainsi parler, l'excitation nerveuse s'est trompée de chemin, au lieu de porter sur l'appareil de la douleur, elle s'est égarée sur celui du rire.

J'ai vu, moi aussi, survenir le rire sous l'influence de la douleur, mais par un mécanisme bien différent. J'assistais, il y a quelques années, aux obsèques d'un pharmacien, officier de la garde civique. A peine entré à l'église, je suis appelé auprès de la femme du défunt qui vient d'être prise d'un accès de folie. On me dit que celle-ci avait éclaté au moment où retentit la salve des gardes civiques, à la sortie du corps. Je trouvai la pauvre femme riant à gorge déployée, contemplant et décrivant avec le plus vif intérêt, les évolutions des soldats dans la rue déserte, manifestant une joie d'enfant devant le spectacle que lui donnait son imagination dévoyée.

Ici le rire n'était que l'expression d'une gaieté pathologique, de ce qu'on appelle *l'état maniaque*. Elle avait été prise d'un délire hallucinatoire à tonalité expansive ou maniaque. La durée en fut courte et la terminaison brusque comme le début. Au bout de trois, quatre jours, tout était rentré dans l'ordre.

La manie ou état maniaque est un syndrome essentiellement caractérisé par une disposition expansive, par une gaieté immotivée, exagérée.

Comme la gaieté normale, la gaieté maniaque porte au rire, au badinage, à l'espièglerie, elle affine le sens du ridicule, elle suscite le goût de la plaisanterie, de la moquerie, souvent de l'impertinence.

Le syndrome peut constituer toute la maladie qu'on appelle alors *la manie essentielle*.

Plus souvent, le syndrome manie alterne avec le syndrome mélancolie constituant la *folie à double forme*, ou *folie circulaire* ou *folie maniaque dépressive*.

Voyez (Fig. 3) cette femme accablée, affaissée sur elle-

même. Son front est plissé, les coins de la bouche sont tirés vers le bas.

Elle est dans la phase mélancolique de la folie circulaire.

La voici dans la phase expansive ou maniaque (Fig. 4) avec le front déridé, la figure souriante, épanouie, l'allure dégagée.

Fig. 3. — Folie circulaire. Femme de 45 ans, phase mélancolique (Ziehen).

Fig. 4. — La même malade qu'à la figure 3, dans la phase maniaque (Ziehen).

Le syndrome maniaque s'observe également au cours de la paralysie générale, ou plutôt à son début, entraînant les démonstrations habituelles de la gaieté, parfois la plus exubérante. Dans tous les cas dont il vient d'être question, ce n'est pas le rire qui est injustifié, c'est l'état affectif qui le provoque. La gaieté maniaque est particulièrement anormale dans la paralysie générale, puisque le sujet qu'elle anime est atteint d'une maladie navrante entre toutes, une maladie implacable, qui ruine peu à peu toutes les puissances de l'âme et qui se termine fatalement par la mort, au bout d'un terme qui n'excède généralement pas trois ou quatre années.

Il y a des folies où la gaieté avec ses marques exté-

rieures est tout à fait légitime. L'aberration gît dans une idée fausse qui engendre la gaieté ou, tout au moins, la satisfaction. Tel est le cas des *paranoïques mégalomanes* sur le visage desquels règne habituellement le sourire, témoignage du contentement qu'ils ont d'eux-mêmes, par suite de la fausse idée qui les domine relativement à leur condition sociale, à leur fortune, à leur influence, à leur talent.

Le rire de la *démence précoce* appartient à une autre catégorie encore. La démence précoce est une affection qui, depuis quelques années, sollicite vivement les observations et les études des aliénistes. Elle frappe surtout les jeunes gens et aboutit régulièrement à la déchéance irrémédiable des facultés psychiques.

Parmi les symptômes de cette affection figurent les troubles moteurs que l'on appelle les *stéréotypies*. Ce sont des attitudes bizarres, des mouvements étranges dépourvus de but, de raison apparente qui persistent ou se répètent indéfiniment. Tel malade se tient des heures durant avec les lèvres accolées et projetées en manière de grouin ; tel autre demeure des journées entières avec un doigt dans la bouche ; un troisième ne cesse de se tirailler le lobule de l'oreille.

Le rire semble être, lui aussi, une manifestation purement motrice se rattachant à la stéréotypie.

Au point de vue affectif, la démence précoce se caractérise par l'apathie, par l'indifférence émotionnelle. Le sujet semble dépourvu de tout désir, de toute aspiration : il ne porte plus d'intérêt à quoi que ce soit ; il n'a cure de son avenir ; il est complètement détaché des affections de la famille ou de l'amitié.

Surgissant sur ce fond d'anesthésie psychique, le rire de la démence précoce révèle immédiatement son origine maladive.

Celle-ci se marque encore par le cachet souvent grimaçant du rire.

Elle se manifeste, enfin, par ce fait que le rire survient en dehors de toute provocation appréciable et dans la solitude.

L'homme qui parle seul passe pour un insensé : l'homme qui rit seul est, à plus juste titre encore, suspect d'insanité mentale. C'est que, suivant l'expression de Bergson,

Fig. 5. — B. M. 28 ans. Démence précoce ; attitude permanente.

le rire est un geste social ; il est foncièrement contagieux, communicatif ; il implique la présence d'autrui ; il suppose la sympathie, la solidarité. Les hommes sains d'esprit ne rient seuls que d'une façon tout à fait exceptionnelle et quand ils sont rassemblés ; chacun est d'autant plus sollicité au rire que considérable est le nombre des rieurs qui l'entourent : « plus on est de fous, plus on rit. »

Le dément précoce a perdu les sentiments de solidarité,

de sociabilité : le monde extérieur, ses semblables, en particulier, semblent inexistants pour lui. Son rire n'a plus la signification, la valeur normale.

Quelques cas particuliers illustreront ce que je viens de dire.

Fig. 6. — B. M. avec la tête qui a été relevée, riant.

La figure 5 représente une malade de mon service, âgée de 28 ans. Elle est à l'asile depuis mars 1902.

Pendant plusieurs mois, elle a maintenu invariablement l'attitude que l'on voit sur la reproduction photographique : les mains croisées au devant de l'abdomen, la tête enfoncée dans la poitrine, les yeux fermés obstiné-

ment et activement ; elle gardait et garde encore un mutisme absolu.

Indifférente à tout, elle était prise, à chaque instant, d'un rire étouffé, d'allure bizarre.

Nous lui avons relevé la tête : elle n'oppose à cette manœuvre aucune résistance, mais lentement elle reprend la flexion habituelle. Nous l'avons photographiée au moment où son visage est traversé par le rire (voir fig. 6).

Aujourd'hui, elle s'est un peu relâchée de son attitude ;

Fig. 7. — D. 25 ans. Démence précoce.

Fig. 8. — D. Démence précoce.

il lui arrive d'ouvrir les yeux et même de jeter autour d'elle un regard vague et niais. Elle persiste dans son mutisme et continue à rire seule, à rire sans motif.

Celui-ci est encore un malade de mon service. Il est âgé de 25 ans. Son admission remonte à trois ans (voir fig. 7). Dès le début de sa maladie, il lui prenait des rires à pleins poumons. Il ne pouvait s'arrêter bien qu'on le grondât. Il est arrivé que le rire se prolongeât jusque

fort avant dans la nuit : il ne savait dire la raison de son hilarité.

Actuellement, il végète dans une entière indifférence, dans une indolence et une nonchalance complètes ; parfois, il parle seul, mais jamais il n'adresse la parole ni à ses gardiens, ni à ses compagnons ; il ne se plaint de rien, ne demande rien, ne recherche aucune occupation, aucune distraction. Il ne regarde pour ainsi dire pas autour de lui.

Fig. 9. — M. 21 ans. Démence précoce. En ce moment, la malade se livre à un mouvement de balancement latéral et est en proie à un rire immotivé.

Sa figure a presque constamment une expression maussade, parfois il s'emporte sans motif. Il présente très fréquemment des sourires étranges qui ne semblent correspondre à aucun sentiment et qui n'ont aucune raison extrinsèque (voir fig. 8).

Voici encore une jeune fille de 21 ans atteinte de démence précoce, admise à l'asile Sainte-Agathe au mois de juillet 1903 (voir fig. 9).

Elle a toutes sortes de gesticulations et de mouvements bizarres : elle se balance d'un côté à l'autre, farfouille constamment dans son nez, puis passe vivement la main sur la face antérieure de la cuisse gauche. Elle présente des rires, parfois intenses et prolongés, survenant sans motif appréciable, au milieu d'un état de nonchalance, d'indifférence affective nuancée de mécontentement et de grincherie.

Le rire est souvent un excellent réactif de l'indigence intellectuelle. Il met celle-ci en évidence et la fait saisir sur le vif.

Le poète Catulle l'a dit :

« Risu inepto, res ineptior nulla est. »
« Rien n'est plus sot qu'un sot rire. »

Je serais tenté de dire que rien n'est plus révélateur de la pauvreté de l'esprit que le rire niais, le rire hébété. On l'aperçoit sur cette photographie qui représente un dément sénile (fig. 10).

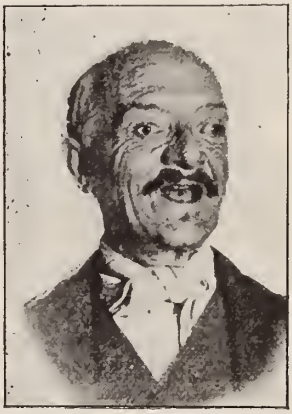


FIG. 10. — Gaieté hébétée chez un dément sénile (Weygandt).

On le voit également chez un paralytique général dont la figure 11 reproduit la photographie.

Je le disais tout à l'heure : il est des substances qui passent pour productrices du rire : ce sont les exhilarants. Le rire qu'elles déterminent me paraît dépendre, en général, de perturbations d'ordre psychique.

Parmi ces substances, je signalerai le protoxyde d'azote, l'opium, le haschisch, le seigle ergoté.

Le protoxyde d'azote qu'on appelle encore *le gaz hilarant*, *le gaz du paradis*, a été découvert par Priestley

en 1776. Quelques années plus tard, Humphry Davy en l'étudiant, essaya sur lui-même les effets de l'inhalation. « Sans perdre précisément connaissance, dit-il en rapportant sa première expérience qui date de 1799, je suis demeuré un instant promenant les yeux dans une espèce

Fig. 11. — Rire hébété chez un paralytique général.

d'étourdissement sourd, puis, je me suis pris, sans y penser, d'éclats de rire tels que je n'en ai jamais fait de ma vie. »

Davy répéta plusieurs fois l'inhalation et obtint toujours des résultats identiques. Il note que, sous son

action, il ressentait « des impressions de plaisir vraiment sublimes (1). »

Depuis lors, le protoxyde d'azote a été souvent expérimenté, souvent utilisé comme anesthésique général, particulièrement dans la petite chirurgie et dans la chirurgie dentaire. Il est encore fort usité en Amérique puisque Wood estime à 750 000, le chiffre des narcoses annuelles pratiquées avec ce moyen dans les États-Unis d'Amérique.

L'Angleterre aussi en fait grand usage : Sydney Rumboll compte comme nombre moyen de narcoses annuellement pratiquées à l'aide du protoxyde d'azote dans toute la Grande-Bretagne, pour les dix dernières années, 4 millions de narcoses. Or, de toutes ces expériences, il ressort que le protoxyde d'azote agit comme les autres anesthésiques généraux (2).

Il supprime la conscience, la sensibilité ; mais cette action paralysante est précédée d'une phase d'excitation se caractérisant par une sorte d'ivresse au cours de laquelle se manifeste parfois le rire.

Ses effets exhilarants sont donc secondaires ; ils ne se produisent pas constamment. A cet égard, il faut tenir compte des dispositions individuelles.

Davy possédait, sans doute, une propension marquée au rire : en effet, l'histoire rapporte que lorsqu'il découvrit le potassium, sa joie se marqua de la façon la plus vive : il exultait ; en proie à un rire violent, il se mit à danser dans son laboratoire.

L'action exhilarante de l'opium n'est pas non plus constante. Elle se rattache vraisemblablement à l'état de bien-être, d'euphorie que produit souvent ce narcotique.

L'écrivain anglais, Thomas de Quincey, qui pendant plus d'un demi-siècle fut un mangeur d'opium, caractérise

(1) Cité par Raulin.

(2) Dumont, *Traité de l'anesthésie générale et locale*. Traduction française par Cathelin. Paris, 1904, p. 134.

ses effets en disant que, dans les premiers temps du moins, il engendre « une sérénité sans nuage », mais non point une ivresse comparable à celle de l'alcool (1). Par l'usage prolongé du poison, se constitue souvent une hébétude satisfaite qui peut s'exprimer par un rire grimaçant.

Le haschisch dont l'élément actif est l'extrait de chanvre indien, *Cannabis indica*, est employé en Orient, depuis un temps immémorial, comme condiment, comme excitant. On l'avale mélangé à des aromates de toutes espèces et à des huiles végétales ; ou bien, on le fume dans des pipes ou dans des cigarettes.

Moreau de Tours l'a fait connaître en Europe, il y a un peu plus d'un demi-siècle.

A la suite de la publication de ses recherches, le haschisch obtint une vogue considérable. Chacun voulait l'essayer : à Paris, l'hôtel Pimodan réunissait un *Club d'Haschischins* comprenant des écrivains tels que Balzac, Théophile Gautier, Gérard de Nerval. On se livrait de compagnie à l'ivresse du chanvre indien.

Toute une littérature est sortie de ce mouvement qui est à peu près éteint aujourd'hui. D'après Richet (2), ce n'est qu'exceptionnellement qu'il se rencontre encore çà et là quelques amateurs de ce poison.

Richet lui-même en a pris assez souvent à titre d'expérience et il en a fait prendre à ses amis.

« A doses modérées, dit-il, l'ébriété qu'il procure est très agréable. On éprouve un certain bien-être qu'on ne sait à quoi attribuer, et ce même sentiment de satisfaction que tout le monde a éprouvé plus ou moins après l'absorption d'une certaine quantité d'alcool.

» Peu à peu, l'excitation de la moelle épinière produit des effets plus caractéristiques. On s'agite, on se promène

(1) Thomas de Quincey, *Confessions d'un mangeur d'opium*.
(2) Charles Richet, *L'Homme et l'intelligence*. Paris, 1884, p. 184.

de long en large, on s'étire dans tous les sens ; on a envie de danser, de remuer, de soulever des poids énormes et au milieu de cette agitation toute musculaire, l'intelligence reste calme. Mais tout d'un coup, pour un mot dit au hasard par quelque assistant, pour une remarque toute naturelle qu'on vient de faire, on est pris d'un rire presque involontaire, rire prolongé, nerveux, convulsif, qu'on ne saurait justifier et qui semble interminable. Quand cet immense éclat de rire a cessé, on sent qu'il était ridicule ; on reprend ses sens et on comprend que, si l'on a ri ainsi, c'est que l'on vient de subir les premières atteintes du poison.

» A partir de ce moment, les idées deviennent de plus en plus promptes. C'est un feu d'artifice perpétuel, une gerbe de feu qui éclate dans toutes les directions. L'idée succède à l'idée avec une rapidité vertigineuse. Les pensées vont, viennent, se pressent en désordre, sans lois apparentes, en réalité suivant les lois fatales de l'association des idées et des impressions. On parle avec agitation, presque avec fureur et on s'étonne de voir autour de soi des personnes ne partageant pas l'ivresse qu'on ressent ; on s'indigne de la lenteur de leurs conceptions. »

A en juger par l'action physiologique du chanvre indien, il semble que cette substance soit appelée à jouer un rôle utile dans le traitement des maladies mentales.

Mais, en réalité, son emploi est des plus restreints, ses indications fort mal réglées, ses effets incertains. L'inconstance de la composition chimique du produit constitue une difficulté sérieuse à son emploi. Néanmoins, comme le pensent Richet et Raulin, il mériterait d'être l'objet de nouvelles recherches au point de vue de ses applications thérapeutiques.

J'ai cité encore le seigle ergoté. Luton de Reims a fait connaître l'action exhilarante de la teinture d'ergot de seigle associée au phosphate de soude.

Il l'a constatée d'une manière fortuite chez une femme à

laquelle — pour une arthrite subaiguë du genou droit — il avait administré simultanément une cuillerée à café de teinture d'ergot de seigle et une cuillerée à bouche de solution de phosphate de soude au 1/10. L'étonnement fut grand lorsqu'au bout de 3/4 d'heure à peu près, il se produisit chez la malade, sans aucun motif, une explosion de rires à grands éclats, qui pendant une heure ne s'arrêta guère et revint par accès très rapprochés. Ce rire semblait s'associer à des pensées gaies et trahir une sorte d'ivresse et même lorsqu'il fut apaisé, la personne en cause conserva pendant longtemps encore de l'entrain et de la bonne humeur.

Les mêmes résultats furent observés sur 7 ou 8 femmes ou jeunes filles. Les hommes donnèrent des réactions un peu moins vives (1).

Dans ces derniers temps, j'ai expérimenté le mélange de Luton.

Je l'ai pris moi-même, je l'ai donné à des hommes et à des femmes, à des individus sains et à des gens affectés de troubles psychiques divers : mélancolie, hystérie, déséquilibration mentale, etc. Le nombre des sujets qui ont absorbé la potion est de 11 et le chiffre total des essais a été de 19. Dans aucun cas, je n'ai observé le moindre phénomène indiquant une influence exhilarante.

Évidemment, ces résultats négatifs ne sauraient prévaloir contre les observations positives de Luton. Mais ils montrent, tout au moins, que l'action exhilarante n'est point régulière.

Peut-être pourrait-on incriminer la pureté du seigle ergoté dont il a été fait usage. Le seigle ergoté est un produit d'une grande altérabilité.

J'ai eu beau doubler et tripler la dose, employer des préparations de diverses origines, essayer successivement la teinture de seigle ergoté d'après la Pharmacopée fran-

(1) Cité par Raulin, p. 145.

çaise et la teinture de notre Pharmacopée, recourir au seigle ergoté dyalisé de Golaz, l'effet a toujours été nul.

Les expériences de Luton tendent à démontrer que c'est en créant un état d'ivresse que l'ergot de seigle associé au phosphate de soude produit le rire. Son action se porte donc également sur l'élément psychique. On sait d'ailleurs que l'ergot de seigle peut engendrer des folies bien caractérisées.

On pourrait allonger la liste des hilarants. L'alcool y figurerait à aussi juste titre que le protoxyde d'azote. La plupart des solanées vireuses amènent à doses toxiques des délires qui, en certains cas, revêtent une allure gaie et invitent au rire. Le délire de l'empoisonnement par la belladone en particulier, présente souvent un caractère expansif.

Dans une matière qui est aussi complexe que celle que nous traitons ici, qui conserve tant d'obscurités, tout partage du sujet risque de tomber dans l'arbitraire, de prendre un caractère artificiel. Néanmoins, la division est utile pour faciliter l'exposé et pour grouper les faits. Sous le bénéfice de cette réserve, j'ai réparti en deux groupes, les déviations du rire. Celles dont l'étude vient d'être achevée affectent plus spécialement l'élément psychique du phénomène ou appartiennent à l'ordre dynamique. Les anomalies du deuxième groupe que je vais aborder, intéressent plutôt l'élément somatique, le mécanisme physiologique ou relèvent de causes organiques.

Sans nous dissimuler les incertitudes qui entourent encore les données anatomo-physiologiques, nous suivrons l'examen de ces anomalies sur le schéma de l'appareil du rire (voir fig. 1).

Il y a d'abord les altérations des centres du commandement et de l'inhibition du rire ainsi que des fibres qui émanent de ces centres et les relient au centre thalamique et au centre bulbaire : altérations par hémorragie, altéra-

tions par ramollissement, etc. Elles se traduisent par *le rire et le pleurer spasmodiques.*

Il suffira de s'approcher des malades affectés de ce trouble, de leur adresser la parole, de se mettre à les examiner, de produire des excitations douloureuses de la peau pour qu'aussitôt ils soient saisis d'un rire forcé, incoercible, évoluant à la manière d'un accès (voir fig. 12).

Fig. 12. — Rire spasmodique chez une artérioscléreuse pseudobulbaire (Dupré).

Fig. 13. — Même malade que fig. 12 : pleurer spasmodique (Dupré).

Au rire s'associe ou se substitue souvent le pleurer. Cela débute comme un accès d'hilarité et cela se termine par des sanglots ; ou bien, l'expression de la gaieté se mêle, se combine à l'expression du chagrin en d'innommables mimiques (voir fig. 13).

Ces malades font l'effet d'être abêtis et l'on est tenté de les considérer comme atteints d'une sensiblerie niaise, d'une émotivité hébétée. Mais, il n'en est pas toujours ainsi. L'intelligence peut être entièrement conservée. Le sujet a conscience de son infirmité ; il s'en plaint.

Les crises de pleurs ou de rire ne se rattachent pas à un état émotif. Elles résultent de l'excitabilité ou de

l'excitation anormale des centres inférieurs qui sont soustraits à l'action modératrice des centres corticaux. Il s'agit d'une manifestation spasmodique réflexe.

On n'aura pas manqué de noter les ressemblances qui existent entre les crises convulsives de rire et de pleurer des pseudobulbaires avec celles que nous avons signalées dans l'hystérie.

L'hystérie est la grande simulatrice : elle imite, pour ainsi dire, toutes les maladies organiques du système nerveux.

On doit admettre que dans cette affection — mais, par suite d'un trouble purement dynamique — il y a, aussi bien que dans les lésions cérébrales dont il vient d'être question, une insuffisance de l'action inhibitoire des centres corticaux et un éréthisme des centres inférieurs.

Dans l'un et l'autre cas, on trouve intimement associés deux processus qu'à première vue, on serait enclin à considérer comme tout à fait antagonistes : le rire et le pleurer. En fait, leurs centres nerveux sont intimement associés ; leur mécanisme physiologique est analogue. Le rire comme le pleurer provoque les larmes. Le pleurer comme le rire débute par des contractions de la face pour gagner ensuite l'appareil respiratoire ; le sanglot, en effet, a son siège dans cet appareil.

Psychologiquement, les deux processus ont également des points de contact.

N'est-il pas des situations en face desquelles on ne sait s'il faut rire ou pleurer ? Et n'est-il pas vrai — comme Montaigne l'a développé (1) — que parfois nous pleurons et nous rions d'une même chose ?

« Artabanas, dit l'auteur des *Essais*, surprit Xerxès, son neveu et le tança de la soudaine mutation de sa contenance. Il était à considérer la grandeur démesurée de ses forces au passage de l'Hellespont pour l'entreprise de

1) Montaigne, *Essais*, édition Leclerc, tome I, p. 202.

la Grèce : il lui prit, premièrement, un tressaillement d'aise à voir tant de milliers d'hommes à son service et le témoigna par l'allégresse et fête de son visage et tout soudain au même instant, sa pensée lui suggérant comme tant de vies avaient à défaillir au plus loin dans un siècle, il refrogna son front et s'attrista jusqu'aux larmes. »

Sans doute, si un même objet peut susciter joie et peine, c'est parce que, comme le dit encore Montaigne, « chaque chose a plusieurs biais et plusieurs côtés ». Il n'en ressort pas moins que l'âme passe avec une singulière facilité d'un sentiment à l'autre, que souvent même elle associe et confond le plaisir et la douleur.

Si le centre de la coordination de la mimique, c'est-à-dire la couche optique, si les fibres qui en émanent sont détruites et si la lésion est circonscrite à ces parties, on observera une paralysie isolée de la mimique. Le malade pourra encore contracter volontairement les muscles de la face, puisque nous supposons que la voie des incitations volontaires est respectée, mais son visage ne réagira plus sous les influences émotionnelles.

Par contre, il pourra se produire une paralysie des mouvements volontaires de la face avec conservation de la mimique : dans ce cas, la couche optique et ses fibres seront intactes. Magnus a rapporté un cas de ce genre (1). Les mouvements voulus de la figure n'étaient plus possibles : le malade continuait, néanmoins, à rire et à sourire normalement.

L'altération du centre d'exécution entraîne naturellement la suppression de la mimique faciale : c'est ce qui s'observe dans la paralysie bulbaire progressive qui, anatomiquement, se caractérise par l'atrophie des noyaux bulbaires, celui du facial entre autres. Lorsque cette atrophie est très avancée, « le sujet garde dans tous ses traits une stupéfiante impassibilité ; sur son masque figé, pas

(1) Cité par Grasset, *Les centres nerveux*, p. 193.

même la plus légère, la plus fugitive contraction ne viendra déceler ses émotions intimes » (Vanlair). Cette même immobilité de la face se rencontre, mais comme conséquence d'un processus anatomo-pathologique différent, dans l'atrophie musculaire de l'enfance. Duchenne de Boulogne en a publié un exemple (1). Lorsque le sujet riait, ses zygomatiques n'agissaient plus : sa bouche s'agrandissait transversalement par la contraction des buccinateurs ; ses lèvres se renversaient un peu en avant, ce qui donnait à son rire une expression singulière. Ses camarades lui disaient qu'il riait en cul de poule.

Dans la paralysie du nerf facial — il s'agit de la paralysie périphérique — l'immobilisation ne se manifeste que d'un côté parce que, très généralement, un seul des nerfs est atteint. La moitié demeurée saine se contracte plus activement, parce qu'elle n'est plus contenue par la tonicité du côté opposé. Dans ces conditions, la face riante offre un aspect étrange ressemblant beaucoup à celui qu'elle présente dans l'hémispasme dont nous allons parler tout à l'heure.

Des spasmes, des convulsions dans le domaine des muscles affectés au rire pourront simuler celui-ci ou le défigurer.

Ces convulsions se rencontrent parfois dans l'épilepsie ordinaire. Bechterew (2) a publié des cas de cette maladie où l'attaque s'accompagnait de rire convulsif que le malade ne se rappelait pas plus que l'attaque elle-même.

Dans l'épilepsie Bravais-Jacksonienne, l'accès débute ordinairement par l'irritation du centre facial. Des contractions de la moitié correspondante du visage, en particulier l'élévation d'une des commissures donnant lieu au rictus, en constituent la manifestation initiale.

L'athétose, qui est également une maladie convulsive,

(1) Cité par Raulin, p. 164.
(2) Analysé dans la Revue neurologique, tome X, 1902, p. 1156.

peut intéresser les muscles de la mimique faciale (1). Elle donne lieu à des jeux de physionomie très changeants se succédant avec rapidité, d'une façon désordonnée et souvent asymétrique, imitant l'expression de l'étonnement, de la tristesse ou de la gaieté.

Ces contractions répétées finissent par laisser sur la face des rides profondes (voir fig. 14).

Fig. 14. — Athétose double. Contraction des muscles de la face à l'occasion de la parole (Michaïlowsky).

Quoique névrose généralisée, l'hystérie détermine parfois des accidents tout à fait localisés, par exemple le spasme de la face, c'est-à-dire une contraction plus ou moins permanente des muscles de la face.

Ce spasme facial — comme on peut le voir sur la fig. 15 — altère profondément le jeu de la physionomie, il crée

(1) Voir Michaïlowsky, *Étude clinique sur l'athétose double*, NOUVELLE ICONOGRAPHIE PHOTOGRAPHIQUE DE LA SALPÊTRIÈRE, tome V, 1892, p. 57. — Audry, *L'athétose double et les chorées chroniques de l'enfance*. Paris, 1892.

artificiellement une expression d'hilarité et déforme le rire naturel.

Je signalerai, enfin, les anomalies congénitales, dégénératives du rire. La dégénérescence entraîne souvent des désordres dans le fonctionnement des muscles : telle est la loucherie, tel est le bégaiement, telle est encore l'asymétrie fonctionnelle de la face et, en particulier, l'asymétrie mimique ou *hémimie* (Pierret).

Fig. 15. — Contraction faciale hystérique [Delprat (1)].

C'est à cette catégorie que je crois devoir rapporter l'asymétrie du rire chez le sujet dont la photographie se trouve reproduite à la figure 16.

Il s'agit d'un héréditaire, présentant de la débilité psychique. A l'état de repos ou dans les mouvements volontaires, on ne remarque point de différence entre l'innervation des deux moitiés de la face tandis que dans le rire et mieux encore, dans le simple sourire, on constate une

(1) Nouvelle iconographie photographique de la Salpêtrière, tome V, 1892, p. 38.

prévalence marquée de la contraction de la moitié gauche de la face.

Il faut noter que l'occlusion de l'œil gauche qui se voit sur la photographie, n'est pas un phénomène actif : elle résulte d'une paralysie du releveur de la paupière supérieure consécutive à des convulsions de l'enfance. On ne peut donc pas attribuer l'élévation de la commissure gauche à une contraction synergique de celle de l'orbiculaire (1).

FIG. 16. — Asymétrie de la mimique du rire.

D'autre part, rien ne permet de supposer que le sujet ait souffert d'une paralysie faciale du côté droit dont l'inertie relative dans le jeu de la mimique, serait le résidu. Il n'a pas été atteint de maladie de l'oreille (2).

(1) Henle (cité par Raulin, p. 43) a attiré l'attention sur cette synergie. Il a fait remarquer que lorsqu'on ferme exactement l'un des yeux, on ne peut s'empêcher de rétracter la lèvre supérieure du même côté.

(2) Lannois et Pautet, *L'asymétrie de la mimique faciale d'origine otique en pathologie nerveuse* (Congrès des médecins aliénistes et neurologistes, 11e session tenue à Limoges).

Telles sont les principales aberrations du rire. Elles ne sont point de pures curiosités ; elles constituent des signes de maladie, elles viennent au secours du diagnostic.

Le rire sollicite l'intérêt médical à d'autres points de vue encore.

Il lui arrive très exceptionnellement du reste, de désarticuler, de décrocher la mâchoire, de produire des hernies, d'amener des hémorragies. D'autre part, s'il en faut croire certains observateurs, la secousse morale et physique qu'il détermine, serait capable d'opérer des guérisons merveilleuses.

L'on ne doit guère compter sur de pareilles cures, mais chacun peut attendre de la gaieté et du rire, des effets salutaires au point de vue de la santé corporelle.

L'École de Salerne n'a fait que traduire les données de la sagesse du peuple, quand elle recommande la gaieté comme un médecin qui ne trompe pas :

Si tibi deficiant medici, medici fiant haec tria : mens hilaris, requies, moderata diaeta (1).

Gaieté, doux exercice et modeste repas : voilà trois médecins qui ne trompent pas.

Sans doute, le rire n'est pas toujours à portée.

Un des médecins renommés du XVIIIe siècle, Sylva est appelé près d'un malade consumé d'une vraie mélancolie.

— Je vous conseille, lui dit-il, d'aller voir Arlequin, c'est la meilleure drogue que je puisse vous faire prendre. Riez et vous serez sauvé.

— Hélas ! répliqua le malade.

— Mais pourquoi hésiter ?

— Arlequin, c'est moi !

Le pauvre Dominique (c'était le vrai nom du bouffon) ne tarda pas à succomber à son incurable mélancolie !

Mais, généralement, il dépend, en bonne part, de la

(1) *Schola Salernitana sive de conservanda valetudine.* Auctore Joanne de Mediolano. Rotterdam, 1667, p. 8.

volonté d'orienter notre humeur vers la sérénité, vers la joie et de nous mettre dans les dispositions propres à subir les influences hilarantes.

Sully nous apprend que dans « la joyeuse Angleterre » — c'est ainsi qu'il qualifie son pays — il y a pas mal de gens qui considèrent le rire comme une indécence, sinon comme une immoralité. Ces gens sont en dehors du sens commun.

La douce, la bonne gaieté, le rire sincère et honnête sont des présents de Dieu. Honnis soient ceux qui les dédaignent !

La sagesse nous dit d'en user, la justice nous commande d'en remercier le Ciel.

Dr X. Francotte.

ORIENTAUX ET OCCIDENTAUX EN ESPAGNE

AUX TEMPS PRÉHISTORIQUES

Dans la livraison d'octobre 1893 de cette Revue (1), j'ai rendu compte d'une série de découvertes relatives à l'époque néolithique en Espagne. J'en déduisais l'existence de très anciennes relations avec les peuples de l'Est méditerranéen. De nouvelles trouvailles m'ont permis de donner aux faits une précision que je n'aurais pu espérer, et de déterminer la part qu'on peut attribuer à l'Orient et à l'Occident dans les civilisations qui se sont succédé en Espagne.

Pour bien comprendre l'époque néolithique, il est nécessaire d'étudier en même temps toute la suite de l'histoire du pays ; celle-ci en effet n'est pas une série incohérente d'événements : ses chapitres s'enchaînent l'un à l'autre, s'expliquent l'un par l'autre ; tel épisode historique n'est que le recommencement d'un autre, qui semble perdu dans les temps préhistoriques, et sa connaissance permet de restituer ce dernier à l'histoire. De même, nous devons revoir avec soin les plus anciennes traditions relatives au pays. Si, faisant abstraction d'idées préconçues, nous cherchons à traduire leur enseignement et celui des fouilles en une langue commune, nous constaterons qu'ils se complètent d'une façon étonnante, et nous aurons produit une source de lumière.

C'est vers ce but que tendent mes efforts.

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, pp. 489-562.

DIVISION ET DÉBUTS DU NÉOLITHIQUE

A la fin de l'époque quaternaire, ou commencement de l'actuelle, les populations de l'Occident européen étaient en possession d'un outillage en silex très primitif, dérivé de celui qu'on trouve à la fin de l'occupation des cavernes, à l'époque magdalénienne. Ces outils sont extrêmement petits : celui qui joue le rôle principal, surtout dans la Péninsule, est un tronçon de lame découpé en forme de trapèze servant de bout de flèche : la céramique et le polissage de la pierre étaient inconnus : on trouve peu d'objets ayant un caractère ornemental.

Il existe des stations où l'on rencontre cet outillage seul, sans mélange d'autre plus perfectionné : il constitue donc par lui-même un ensemble complet, répondant à un état social déterminé, très rudimentaire et antérieur à celui dont nous allons nous occuper.

Dans d'autres stations, villages, sépultures, cachettes, on trouve ce même outillage, identique à lui-même, mais associé à des séries d'objets qui révèlent une civilisation beaucoup supérieure. L'étude des gisements prouve surabondamment qu'il n'y a pas mélange d'objets appartenant à deux époques successives, mais juxtaposition de deux industries contemporaines, l'une très primitive, l'autre beaucoup plus avancée. C'est l'apparition de cette dernière que je considérerai ici comme servant à fixer le début de l'époque néolithique proprement dite. Ainsi limitée, elle comprend en Espagne une série de phases dont le nombre augmente à mesure que les fouilles se multiplient ; mais pour les besoins de cette étude je ne considérerai que trois grandes divisions principales ; nous aurons ainsi le tableau suivant :

Division de l'époque néolithique

	Basée sur la taille du silex	Basée sur la nature des instruments nouveaux
I	Taille et formes primitives.	Pierre polie
II	» » intermédiaires.	» »
III	» » perfectionnées.	Cuivre

Le premier élément de cette classification est tiré de la taille du silex. Nous avons vu qu'avant le Néolithique, l'outillage de pierre se composait exclusivement de tout petits silex. Pendant la première des phases ci-dessus, il continue à être en usage à côté des instruments polis. Pendant la seconde, il se transforme : les lames deviennent plus grandes, les trapèzes se modifient : une de leurs pointes s'effile, et l'ensemble prend la figure d'un triangle allongé à base concave ; mais le procédé de taille reste le même. La dernière phase voit la taille du silex à son apogée : les lames sont des pièces superbes dont la longueur atteint 35 centimètres et plus ; les pointes de flèche sont traitées par un procédé nouveau, qui retaille toute leur surface et en fait des figures symétriques : l'habileté est poussée à l'extrême et produit de vraies œuvres d'art ; on fabrique aussi des poignards en silex, mais d'un travail généralement moins soigné.

Il y a quelques années, j'avais toujours rencontré les trapèzes modifiés en compagnie de flèches taillées sur les faces, et j'en avais conclu que ces dernières avaient servi de modèle, dont on avait copié le profil au moyen du procédé de taille ancien. Depuis, j'ai trouvé au moins une station importante, dont tous les caractères sont intermédiaires, et où les flèches sont exclusivement des trapèzes modifiés : cette forme doit donc être considérée comme un produit d'évolution locale antérieure aux flèches perfectionnées de la dernière période. Quant à celles-ci,

elles constituent le dernier terme de cette même évolution. Il y a cependant des faits qui appellent une autre explication, et j'aurai à revenir sur ce sujet.

Le second élément de classification est tiré de l'emploi de la pierre polie et du cuivre. Pour en saisir la portée, il faut se rendre compte du rôle de ces matériaux. On semble souvent admettre que le polissage est le dernier degré de perfectionnement dans le travail de la pierre. Cette notion est erronée. Il suffit pour la renverser de jeter un coup d'œil sur le tableau ci-dessus où on voit que la taille du silex a été rudimentaire pendant la majeure partie du règne de la pierre polie, et qu'elle a atteint son apogée précisément au moment de la décadence de celle-ci. D'autre part, on ne constate pas l'existence d'une période où on aurait graduellement passé de la taille par éclatement à celle par martelage et polissage : au contraire, lorsqu'on a pu établir l'âge exact des outils polis, on constate que les plus anciens ne sont pas en silex : en Espagne, comme généralement dans le Midi, ils ne le sont même jamais ; ils sont en roches telles que la diorite et la fibrolithe, qui n'étaient pas employées avant l'application du nouveau procédé. Que le principe de celui-ci fût connu de tout temps, on ne peut le mettre en doute ; mais on ne l'a jamais appliqué au façonnage des formes anciennes : celles-ci, même quand le polissage est largement appliqué, continuent à s'obtenir par éclatement, en évoluant dans une tout autre direction. Le procédé consistant à polir la pierre, ou plus exactement à la marteler et à l'aiguiser, est exclusivement employé à un genre d'instruments qui apparaît en même temps que lui et qui n'a aucune ressemblance avec les silex taillés.

Les instruments polis ou aiguisés forment donc un attirail nouveau, entièrement indépendant de celui en silex, autant par les formes que par le procédé et la matière utilisée, tous caractères qu'il montre dès sa première apparition. On peut affirmer qu'il répond à des

besoins d'un ordre tout à fait nouveau comme lui-même. Et sa décadence ne correspond pas à la disparition de ces besoins, mais à l'emploi d'une substance qui lui est supérieure : le cuivre. Les instruments en métal, eux aussi, sont martelés, polis et aiguisés ; leur tranchant s'obtient et se refait de la même manière, répond aux mêmes nécessités ; ils sont bien de la même famille, différente de celle des silex taillés. Il serait téméraire de prétendre que les haches de pierre descendent de celles en cuivre, mais en signalant la possibilité de cette hypothèse, on fait bien sentir la portée de l'apparition du polissage et sa grande signification : c'est en dehors de l'industrie préexistante du silex qu'est apparue celle des haches, des herminettes, des coins, des ciseaux et des gouges pour la fabrication desquels on a choisi les substances les mieux appropriées : cuivre, diorite, fibrolithe, silex.

Pour mieux comprendre que l'introduction de ces outils signifie beaucoup plus que l'acquisition d'un nouveau système pour tailler la pierre, il suffit de constater qu'ils sont partout et toujours accompagnés des premiers vases en terre cuite, parfois déjà ornés ; de graines carbonisées et de meules à broyer le grain ; qu'on les trouve dans les plus anciens fonds de cabanes ; qu'avec eux naissent, ou prennent un subit développement, l'emploi de l'os, le goût des parures, le culte des morts et de certaines divinités. En un mot, la pierre polie est un caractère accessoire, un témoin de l'avènement de l'agriculture avec son cortège habituel d'industries, de la transformation d'une race vivant au jour le jour en un peuple prévoyant, puisqu'il laboure et sème en attendant la récolte, et qu'ensuite il fait provision de blé. Le principe de la propriété du sol, acquise par le travail, est une suite de ce changement, comme aussi une vie sédentaire, la construction de magasins, de maisons, de villages. C'est, en un mot, l'aurore de la civilisation.

La construction de maisons, de dépôts, d'appareils

divers pour l'agriculture et toutes les industries nouvelles, implique un usage très fréquent du bois. Pour couper des troncs d'arbre, les fendre, les débiter, les tailler, à quoi auraient pu servir les lames microscopiques du magdalénien, ses petits grattoirs, ses fines pointes ? Il fallait un tout autre genre d'outils, et c'est à cette nécessité que répondent les instruments en pierre polie. Le courant qui apporta l'agriculture possédait cet outillage, dont les formes se sont conservées jusqu'à nos jours sans grands changements.

La hache polie n'est pas un symbole de la guerre : c'est celui de la civilisation nouvelle, que résume l'agriculture. Les anciens considéraient celle-ci comme le don d'une divinité à laquelle ils rendaient un culte. Nous voyons sur les parois des cryptes sépulcrales néolithiques en France, la représentation d'une divinité, avec, comme attribut, la hache polie. On n'aurait pu mieux choisir pour traduire graphiquement l'existence du susdit culte, continué par l'antiquité classique. Remarquons en passant que sa naissance paraît s'expliquer plus naturellement si l'agriculture fut vraiment un don, reçu d'une nation supérieure.

Quant à l'origine de cette civilisation, dans l'article cité plus haut, j'ai signalé des analogies très significatives entre les mobiliers de l'époque de la pierre polie en Espagne et ceux des plus anciennes villes d'Hissarlik. Je reprendrai brièvement la comparaison.

L'industrie du silex est toute différente dans les deux pays : elle date d'une époque où il n'existait pas de relations entre eux. Celle de la pierre polie est identique : on dira que cela va de soi, que c'est un stade par lequel presque tous les peuples ont passé ; cela est exact ; mais pour montrer que dans le cas actuel il y a de plus contemporanéité et certains rapports très étroits entre les industries des deux pays, il suffit d'examiner les objets qui accompagnent la pierre polie. Commençons par les

poteries. L'histoire de la céramique prouve que c'est un des arts qui impriment le mieux à leurs produits le sceau de l'époque et de l'école auxquelles ils appartiennent. Les plus anciens vases espagnols, par la grossièreté de leur exécution, témoignent de l'inexpérience des ouvriers ; et cependant leurs formes sont déjà avancées et de celles que doit précéder une certaine pratique : on sent l'influence de modèles plus parfaits ; or c'est précisément à Hissarlik qu'on trouve un ensemble de produits qui ont pu inspirer ceux d'Espagne, et dans les deux pays les formes se modifient aux époques suivantes : il en est de même des ornements incisés qui décorent les vases.

Un autre objet joue un rôle important : le fusaïole en terre cuite. On sait que Schliemann en a recueilli des milliers dans les anciennes villes d'Hissarlik et que dans la suite ils deviennent rares. En Espagne ils caractérisent la même époque de la pierre polie, après laquelle on n'en trouve pas.

L'identité des idoles plates de pierre en forme de violon, est complète entre les exemplaires espagnols et troyens, et, comme pour les objets précédents, exclusivement propre à la pierre polie : après, en Espagne comme à l'Est, on leur voit succéder d'autres idoles de forme différente.

Ces faits ne s'expliquent plus par le hasard ni par le parallélisme inévitable dans la marche de l'industrie : ils sont le produit de conceptions locales, individuelles, qui ne se produisent pas deux fois indépendamment. La grande supériorité des objets d'Hissarlik proteste d'ailleurs contre l'identification du degré de culture.

Quelques mots sur les objets de parure. Le palais d'Hissarlik contenait de nombreux bijoux en or et en argent. En Espagne ils sont faits au moyen de coquilles ou de pierres ; une grotte sépulcrale a livré un diadème en or : cette pièce unique diminue un peu la distance que l'abondance de l'or crée entre les deux civilisations que

nous comparons. Mais il y a plus : si avec MM. Perrot et Chipiez on étudie les éléments des diadèmes, colliers et boucles d'oreilles d'Hissarlik, on y sent encore la barbarie qu'au premier aspect voile l'éclat de tant d'or. Si on regarde de plus près, cette impression s'accentue, car on y reconnaît l'imitation d'ornements de coquilles ; en effet, les rondelles de test de cardium, incomplètement usées, présentent sur leur pourtour de petits becs ; sur leurs faces, se voient des lignes concentriques ou des droites parallèles : copiés sur des rondelles en or, régularisés et appropriés au métal et au procédé employé, ces éléments sont devenus ceux que portent les perles de collier d'Hissarlik ; d'autres pendeloques sont inspirées des cyprées, ou de fragments allongés de test coquillier ; le type habituel des pendants d'oreilles dérive de la coquille trouée du cardium.

Si ce sont bien là les tout premiers pas au sortir de la barbarie, la présence des métaux et de l'art naissant n'en constitue pas moins une grande supériorité. Celle-ci d'ailleurs est une des circonstances nécessaires pour rendre compte du courant venant de l'Est. Nous le verrons mieux dans la suite.

LA DERNIÈRE PHASE DU NÉOLITHIQUE

La dernière phase du Néolithique est caractérisée en Espagne par l'apogée de la taille du silex et par la décadence de la pierre polie devant l'invasion du cuivre. J'ai déjà émis l'opinion que cette période est contemporaine de la civilisation mycénienne et influencée par elle. Si dans l'étude comparative qui doit établir cette thèse, on considérait isolément chaque série d'objets, il pourrait rester un certain doute : mais devant l'ensemble la conviction se fait, et elle achève de se confirmer à la vue de

l'enchaînement des différentes parties de l'histoire, qui se complètent et s'éclairent mutuellement.

Commençons par l'industrie de la pierre.

A Mycènes on trouve quelques haches polies ; mais leur rôle est absolument effacé ; en Espagne elles sont de même exceptionnelles dans les tombes les plus récentes du Néolithique.

L'industrie du silex ou de l'obsidienne est beaucoup plus développée en Espagne qu'à Mycènes ; on en voit la raison : les habitants du premier de ces pays ne disposant pas, comme les Mycéniens, du bronze pour la fabrication des outils minces, tranchants ou perçants, ont poussé beaucoup plus loin la perfection de la taille du silex. Les magnifiques poignards scandinaves resteront le meilleur exemple à l'appui de cette démonstration. Malgré cela, Schliemann a recueilli, dans une des plus riches tombes de l'acropole de Mycènes, trente-cinq pointes de flèches en obsidienne d'un bon travail : elles formaient partie de l'armement d'un personnage royal, couvert d'or, accompagné d'épées, de lances et de poignards en bronze d'un travail remarquable : il n'y avait aucune flèche en métal. Donc au point de vue de l'emploi de la pierre, de la belle taille du silex ou de l'obsidienne, la différence entre le Mycénien ancien et le Néolithique espagnol consiste seulement dans la proportion des objets en pierre relativement à ceux en métal.

Cette constatation est capitale au point de vue de l'âge relatif des deux civilisations. On peut à ce sujet raisonner de deux manières, suivant le point de vue auquel on se place :

1° L'abondance et la nature des métaux à Mycènes correspondent à un niveau industriel plus élevé, donc à une époque plus récente ;

2° L'identité des flèches de pierre entraîne la contemporanéité des deux civilisations.

Le premier raisonnement est celui qu'on fait d'habi-

tude : on se débarrasse de l'objection tirée de la présence des flèches de pierre en parlant de survivance d'un âge plus ancien. Pour peu qu'on veuille donner un sens à cette réponse, on s'aperçoit qu'elle revient à rajeunir la fin de l'usage des armes de pierre, ou à vieillir celui des métaux, et l'objection reste entière.

Le second raisonnement prend comme élément chronologique l'objet le plus ancien, et par cela même il est plus juste : si les deux pays ont eu une époque où ils faisaient usage de flèches en pierre, on ne peut pas admettre que le plus avancé des deux ait tardé plus que l'autre à les remplacer par celles en métal : il faut donc considérer les flèches mycéniennes comme au moins aussi vieilles que les flèches espagnoles. Que, disposant du bronze, on ait continué à les faire en pierre, cela n'a rien d'étonnant : la pierre devait présenter des avantages ; d'ailleurs le fait est là, et il est loin d'être unique : il se répète dans les sépultures françaises au point d'être la règle, et d'après M. A. Martin la belle industrie des pointes de flèche en silex a été créée par le bronze.

Supposer les flèches mycéniennes plus récentes que celles d'Espagne, c'est les faire contemporaines de l'âge du bronze dans ce pays ; or, malgré quelques progrès industriels, la civilisation de cet âge diffère beaucoup plus de la mycénienne que celle du Néolithique.

La grande abondance de métaux précieux accompagnant les flèches en pierre de Mycènes, contraste avec leur absence en Espagne ; mais ce contraste est également un fait, et loin de fournir une objection, il donne la clef de l'histoire du Néolithique : sans lui, on ne pourrait pas comprendre les expéditions des Orientaux en Espagne.

Autre chose très remarquable : le type des flèches mycéniennes, rare en Europe, caractérise en Espagne, par son abondance et par la beauté des produits, précisément et exclusivement la province où nous constaterons tant d'autres influences venant du bassin oriental de la

Méditerranée, celle qui fut de tout temps le point de mire des Phéniciens. Une coïncidence si visible doit avoir une signification : il doit exister, dans ces pointes de flèche, quelque chose qui est venu de l'Est ; l'avenir dira si c'est leur type, si ce ne sont pas des flèches elles-mêmes. Voilà le motif de ma réserve lorsque je me suis demandé si la belle taille du silex était exclusivement le résultat d'une évolution locale.

Je viens de faire allusion aux expéditions des Orientaux en Espagne, et de nommer les Phéniciens. On sait que les marchés de Sidon regorgeaient de l'or et de l'argent de Tarshis ; que l'étain fut pendant longtemps une des principales sources de richesse des Phéniciens, et combien ils faisaient d'efforts pour conserver le monopole de son commerce ; ce métal avait plus d'importance encore que l'argent : il devenait de plus en plus nécessaire et nous pouvons être assurés que toute la production était dirigée sur les marchés de l'Est, où il était bien payé, et que pas une parcelle n'en était détournée au profit des peuplades arriérées. La navigation du temps avait pour seul et unique but le drainage vers les centres civilisés de tous les produits précieux des pays neufs, et l'inégalité que nous constatons à chaque pas entre les civilisations contemporaines des deux extrémités de la mer intérieure en est tout à la fois la cause et le résultat, la condition *sine qua non*.

Ne nous étonnons donc pas si à une même époque Mycènes est riche en bronze, tandis que l'Espagne ne possède que le cuivre : si un doute pouvait subsister sur la cause de l'absence du bronze, il suffirait pour le lever, de considérer la métallurgie de l'âge du bronze en Espagne : malgré la pleine connaissance de cet alliage, il est encore rare, le cuivre est plus abondant : on voit avec quelle difficulté l'étain y pénétrait et on comprend qu'à une époque plus ancienne, il n'en parvenait pas du tout.

L'argent et le plomb ont joué dans l'antiquité un rôle considérable. Le premier a fourni la matière d'un grand nombre de bijoux et de vases, qu'on retrouve dans le bassin égéen dès l'âge de la pierre polie ; du second on possède très peu d'objets ouvrés ; mais il était indispensable dans la métallurgie de l'argent. Celui-ci s'extrait surtout des minerais de plomb et, en deuxième ligne aujourd'hui, de ceux de cuivre. Le Sud de l'Espagne contient des gisements très riches des uns et des autres, et les Carthaginois comme les Romains les ont connus et exploités.

Quelques mots sur la métallurgie de l'argent sont nécessaires. On commence par produire le plomb ou le cuivre par simple fusion du minerai au charbon de bois. Le plomb s'obtient très facilement : pour le cuivre c'est un peu plus difficile, et j'ai pu constater que les néolithiques cassaient le minerai en petits morceaux, qu'ils chauffaient avec du charbon de bois : le feu était insuffisant pour produire une masse liquide, mais chaque fragment subissait isolément l'action réductrice de la flamme : il s'y produisait des particules de cuivre métallique ; après refroidissement on broyait les morceaux à demi fondus et au moyen d'un lavage on extrayait les parcelles de cuivre : on les refondait ensuite dans des moules ou des creusets. Tout l'argent des minerais se retrouve dans le plomb ou dans le cuivre. Les proportions sont excessivement variables : disons en passant qu'un métal contenant 1 °/₀ d'argent est considéré comme très riche.

Voici maintenant comment on extrait l'argent.

Si c'est du plomb, on le maintient fondu dans une cuvette plate appelée coupelle : on dirige un courant d'air à la surface du bain ; le plomb s'oxyde en formant de la litharge qui surnage et qu'on enlève continuellement : à la fin tout le plomb est ainsi éliminé et l'argent reste seul ; on reconnaît la fin de l'opération à l'éclat que prend brusquement le bain : cela s'appelle l'éclair. Les toutes dernières traces de plomb sont difficiles à éliminer, et on ne

le fait pas, parce qu'elles ne nuisent pas aux propriétés de l'argent : il faut l'analyse chimique pour en constater la présence.

Si le métal riche est du cuivre, comme celui-ci ne s'oxyde pas seul, on lui ajoute du plomb, qui l'entraîne dans l'oxydation, et les deux métaux alliés sont éliminés dans la litharge. Mais si la quantité de plomb ajoutée est insuffisante, aussitôt qu'elle est consommée le cuivre qui reste ne s'élimine plus, à moins d'ajouter encore du plomb. Seulement, comme une certaine dose de cuivre n'altère pas sensiblement les qualités de l'argent, il se peut que les anciens aient souvent produit de l'argent plus ou moins cuivreux sans s'en douter, et que dans certains cas, pour des raisons voulues ou non, on ait même laissé des proportions très fortes de cuivre. Ainsi s'expliqueraient les objets qui contiennent autant et plus de cuivre que d'argent. On peut y voir des alliages intentionnels, mais il est plus probable que ce sont des résultats d'affinages incomplets. Les objets en argent d'Hissarlik et de Mycènes analysés par Schliemann, contiennent de 3 à 4 % de cuivre et des traces de plomb, témoins du procédé employé pour la désargentation.

Revenons au Néolithique espagnol : s'il est contemporain du Mycénien, qui connaissait l'argent et le plomb, il faut s'expliquer l'absence de ces métaux en Occident.

Dans une bourgade néolithique, située dans un des plus riches centres producteurs d'argent de l'antiquité, tout près de ma maison, et que je puis donc fouiller minutieusement, j'ai rencontré dernièrement des fragments de galène argentifère et même du plomb fondu : je n'ai pas de doute sur le gisement de ces matières, mais je n'ai vu en place que le minerai ; le métal a été trouvé en mon absence. Lorsque je rencontrai le premier fragment de minerai de plomb, je fus très etonné et très perplexe. Attribuer au hasard ce qu'on ne comprend pas est un procédé peu scientifique : j'en arrivais à admettre que les Néo-

lithiques avaient apporté là intentionnellement ce morceau de galène : mais j'avoue que tout en croyant déjà alors très fermement à l'existence de relations avec le monde égéen riche en métaux, il restait dans mon esprit une telle dose des idées courantes sur le peu d'antiquité du plomb relativement au Néolithique, que je ne m'arrêtai pas un instant à l'idée que les anciens avaient là cette matière pour en extraire le plomb. Mais, quelque temps après, une autre maison de la même bourgade me livre plusieurs autres morceaux de galène et du plomb métallique ; j'étais travaillé par une autre constatation : c'est que le minerai de cuivre de la même station contenait une notable proportion d'argent. A ce moment survint une découverte qui rompit le charme, quoiqu'elle n'appartienne pas au néolithique. J'avais repris les fouilles de la nécropole des Eriales, composée d'un certain nombre de dolmens : le mobilier des uns est néolithique ; celui des autres est de l'âge du bronze, quoique je n'aie constaté jusqu'à présent que des objets en cuivre. L'examen de ces sépultures montre avec toute clarté qu'elles sont du tout premier début de l'âge du bronze, et immédiatement postérieures au Néolithique, sans interposition d'aucune époque intermédiaire. Dans ces dolmens, j'avais trouvé des bracelets et des pendants d'oreilles en cuivre, en argent et en argent contenant 10 à 12 % de cuivre ; parmi ces bijoux il y en avait deux dont je n'avais pas encore déterminé la nature ; après la trouvaille du plomb néolithique, je les fis examiner au laboratoire, où il fut constaté qu'ils étaient en plomb ! Mon chimiste D. Ramon de Cala, ne pouvant admettre qu'on eût fait des bijoux en plomb, soupçonna qu'ils avaient été dorés ; et en effet, l'analyse trouva 5 % d'or, et en attaquant un petit tronçon entier par l'acide, il laissa une gaine cylindrique de substance non dissoute, translucide ; c'était l'or réduit à cet état par la présence de sels de plomb, et devenu invisible par cette altération.

Le signal était donné, et toute une série de faits

étranges et mal interprétés, s'éclaira d'un jour nouveau : il y a plus de vingt ans, nous avions découvert dans les villes et sépultures de l'âge du bronze, quantité d'objets en argent dont beaucoup contenaient du cuivre, quelques-uns un peu de plomb : nous avions aussi des lingots de plomb et même de la litharge, produit de l'affinage de l'argent. Nous n'avions trouvé d'autre explication à la présence de l'argent que la connaissance de gisements du métal natif, comme celui de Herrerias (Cuevas), car nous écartions absolument l'idée qu'à l'âge du bronze on aurait pu connaître le procédé de la coupellation du plomb. Le cuivre des objets d'argent était supposé allié intentionnellement. Les lingots de plomb, dont nous ne mettions pas en doute l'ancienneté, étaient, croyions-nous, des traces d'essais, de recherches sans importance : quant à la litharge, malgré une certaine préoccupation, nous la considérions comme probablement plus récente, l'endroit de la découverte n'ayant pas été rigoureusement déterminé. Si l'on veut tenir compte de ce que, par suite des idées reçues, nous avons toujours été tentés d'écarter systématiquement l'ancienneté des trouvailles de plomb, on reconnaîtra que plus d'un fait a pu nous échapper ; cela ne fait qu'augmenter la valeur de ceux qui ont résisté, et dont l'ensemble malgré tout assez imposant, amène des conclusions inattendues.

Nous savons donc que les Néolithiques d'Espagne ont produit du plomb, et que leurs successeurs de l'âge du bronze employaient le plomb et l'argent.

Mais que faisaient les Néolithiques avec le plomb ?

Un des faits de la haute antiquité dont l'histoire a conservé le souvenir le plus précis, malgré quelques détails fabuleux, est la découverte de l'argent en Espagne par les Phéniciens. Elle nous raconte que ceux-ci, attirés dans le pays par leur commerce, apprirent l'existence de riches gisements d'argent, dont les indigènes ignoraient la valeur : qu'ils le leur achetèrent à vil prix pour le revendre

en Grèce, en Asie; que parfois il y en avait tant sur le marché qu'ils ne pouvaient tout charger sur leurs navires : alors ils coupaient leurs ancres en plomb et les remplaçaient par d'autres en argent. Ce commerce se prolongea, et procura aux Phéniciens d'immenses richesses.

Ce récit paraît au premier abord présenter des exagérations et même des contradictions.

Puisque les indigènes ignoraient la valeur de l'argent, il ne s'agit pas d'une époque où ils l'utilisaient pour leurs bagues, leurs bracelets, leurs boucles d'oreille et leurs couronnes. Mais comment ont-ils pu le produire et le vendre sans l'employer eux-mêmes ? D'un autre côté, supposer des gisements si fabuleusement riches qu'on en chargeait de pleins vaisseaux et qu'il en restait toujours, c'est dépasser les limites de la vraisemblance.

Ces difficultés disparaissent si on admet que la marchandise achetée par les Phéniciens était du plomb et du cuivre argentifères, ou même des minerais d'argent.

Ce que nous croyons un langage imagé, exagéré, est au contraire un langage essentiellement commercial : les Anglais qui viennent aujourd'hui charger le plomb espagnol aux mêmes ports qu'autrefois les Phéniciens, sont acheteurs d'argent, non de plomb, car ce dernier produit est accessoire et le premier fait la valeur des lingots. Cela était encore plus vrai au temps des Phéniciens : la valeur de l'argent relativement à celle du plomb était plus grande : celui-ci n'était pas même considéré comme un métal ; c'est à peine si plus tard on lui donne un nom ; il servait à la coupellation du cuivre riche ; c'était une impureté à éliminer, et quand on l'emploie comme tel, c'est pour falsifier l'or, ou à cause de son grand poids, pour en faire des ancres : on en a retrouvé qui pèsent jusqu'à 750 kilogrammes.

On comprend maintenant que les indigènes aient pu vendre aux Phéniciens de grandes quantités d'argent sans en connaître la valeur, puisque cet argent était caché dans

le plomb dont ils ne pouvaient rien faire, ou dans le cuivre qu'ils avaient en grande abondance.

Cette histoire de la découverte et du premier commerce de l'argent amène plusieurs conséquences importantes.

Elle nous donne une date assez précise pour la dernière phase du Néolithique espagnol, car les Phéniciens n'ont pu commencer ce trafic avant le milieu du second millénaire ; d'autres découvertes nous conduiront au même résultat.

Elle nous dit qu'à l'époque où les Phéniciens recherchaient l'argent, les indigènes n'en connaissaient pas la valeur : autant vaut dire que la civilisation des premiers était beaucoup supérieure ; connaissant celle-ci ou celle de Mycènes, nous aurions pu d'avance nous attendre à trouver les Espagnols contemporains attardés à l'âge de pierre ou très peu avancés dans l'industrie du métal.

Elle nous fait toucher du doigt le rôle des Phéniciens en Espagne, leur action de drainage des produits précieux vers leur métropole. Pendant toute la durée de leur commerce préhistorique, on ne trouve pas d'or dans les sépultures d'Espagne ; on le connaissait et l'employait cependant avant eux, et à peine disparaissent-ils, qu'il réapparaît dans les mobiliers, en quantité assez sérieuse. Faut-il en déduire qu'ils parvenaient à arracher même l'or aux indigènes ? De leur part ce ne serait pas étonnant ; on me concédera tout au moins qu'il y a peu d'espoir de trouver au Néolithique espagnol des objets précieux importés de l'Est, quand les produits de valeur du pays y font défaut. On conçoit aussi que les Phéniciens, même s'ils faisaient déjà le commerce de l'étain, n'en aient pas apporté en Espagne.

Elle nous montre pourquoi l'absence de bronze et d'étain n'empêche pas la civilisation néolithique d'Espagne d'être contemporaine de celle de Mycènes, puisque précisément les peuples civilisés de l'Est méditerranéen s'enrichissaient avec les métaux des autres pays.

Si l'on s'étonne de la longue durée de cet état de choses, il faut se rappeler que l'histoire la donne comme un fait, et encore une fois elle s'explique par la grande infériorité des indigènes ; les fouilles nous montrent d'ailleurs que non seulement ils ignoraient la valeur et les applications de l'argent, mais qu'ils n'employaient pas même le cuivre, si abondant, à faire des bijoux ; antérieurement, les bracelets en pierre et en coquille abondent ; mais à la fin du Néolithique cette mode n'existe pas : c'est étrange, mais très réel ; aussitôt après, elle s'établit tout d'un coup et d'une façon générale. On peut aussi invoquer cette raison, que si même à un moment donné les Néolithiques ont soupçonné le secret des Phéniciens, il leur manquait encore beaucoup pour être capables d'extraire l'argent du plomb, et en attendant celui-ci restait pour eux sans valeur. Enfin, le caractère des Phéniciens nous est assez connu pour que nous ne doutions pas qu'ils auront mis tout en œuvre pour maintenir leur supériorité : ils ont même eu recours à la guerre pour se rendre maîtres du pays et mieux tenir leur proie.

Abordons maintenant un tout autre ordre de faits non moins intéressant.

On sait que le poulpe est un des motifs de prédilection de l'art mycénien : il y est reproduit sous toutes les formes : certains dessins sont réalistes, d'autres très stylisés, dont le but est ornemental ou symbolique. Parmi ces derniers, il y a tout particulièrement une série que MM. Perrot et Chipiez ont d'abord fait connaître, et que M. Fréd. Houssay a interprétée avec une rare clairvoyance. Ces poulpes, peints sur des vases, ont le corps très allongé, les yeux très marqués : les quatre paires de bras sont des lignes ondulées, terminées par un enroulement avec un signe particulier. Entre les bras sont peints des animaux divers, hérissons, chevaux, poissons, oiseaux, etc. M. Houssay y reconnaît l'expression des idées philo-

sophiques des Mycéniens, une théorie de l'évolution, considérant la mer comme le grand laboratoire où se brassent tous les principes vivants. Pline développe cette même philosophie. Mes découvertes en Espagne fournissent un argument inattendu, mais très précieux à l'appui de la théorie de M. Houssay.

Je retrouve en effet le poulpe figuré sur un très grand nombre d'objets néolithiques ayant un caractère religieux. L'animal y est encore plus stylisé qu'à Mycènes : la meilleure représentation se trouve deux fois sur un vase grossier, peinte en rouge : le corps est une ligne verticale, les yeux sont deux cercles avec un point central ; les quatre paires de bras se relèvent verticalement ; les inférieures sont terminées par un chevron à la place de l'enroulement mycénien : les paires supérieures se retournent au-dessus des yeux, où on voit d'autres lignes rappelant des sourcils.

Grâce aux vases mycéniens, je crois qu'on ne peut hésiter à y reconnaître le même poulpe, encore plus stylisé, et par conséquent, exclusivement symbolique. L'exécution est beaucoup plus mauvaise, mais à part cela, la seule différence consiste dans la terminaison des bras. Ce détail, loin de nous gêner, est un très curieux élément de précision. Dans les nombreux dessins accompagnant ou non le poulpe sur les objets néolithiques de la Péninsule, l'enroulement ou la spirale si caractéristique des Mycéniens est totalement absent : je n'en connais pas un seul exemple ; cela est d'autant plus frappant que certains motifs de décoration présentent dans l'ensemble de leurs contours, les mêmes dispositions que ceux de Mycènes, et c'est seulement la nature des lignes qui varie : à Mycènes c'est la spirale, en Espagne le chevron, le triangle, le carré ou le losange formant des damiers ; ainsi la différence observée dans l'extrémité des bras du poulpe est commune à tout le système décoratif. Or, si la spirale est la courbe préférée des Mycéniens, c'est dans

les anciens objets phéniciens ou chypriotes qu'on doit chercher les lignes angulaires de notre Néolithique, notamment les damiers, motif fréquent et absolument identique de part et d'autre.

Les poulpes d'Espagne sont donc phéniciens, non mycéniens. Cela pourra servir de point de départ à des aperçus intéressant l'histoire du symbole lui-même, ainsi que celle des Phéniciens : pour nous l'essentiel est d'y trouver une nouvelle preuve de la présence des Phéniciens en Espagne.

Nous voyons aussi confirmée la contemporanéité de la dernière phase néolithique et du Mycénien. En effet, laissant de côté le caractère phénicien de notre poulpe, celui-ci est certainement un motif propre à la civilisation mycénienne. M. Houssay croit le retrouver dans les figures dites de chouette sur les vases d'Hissarlik ; mais il y a dans cette attribution quelque chose de contradictoire : des dessins aussi stylisés, aussi éloignés de la réalité, devraient être les derniers, non les premiers termes de l'évolution : c'est en plein Mycénien qu'on trouve toute la gradation. En tout cas, c'est bien à cette dernière série que se relient les poulpes espagnols.

La stylisation extrême de ceux-ci semble indiquer qu'ils ne sont pas nés dans le pays, qu'ils y sont arrivés déjà à l'état de symbole. Comme dans le monde mycénien ils personnifiaient le pouvoir créateur de la vie, il est à supposer que nos Turdétans ont accepté une philosophie toute faite, et ont vu dans ces grossières images les représentations d'une divinité. L'examen complet du même vase va nous confirmer dans cette manière de voir, comme celui des autres figures symboliques. A côté des deux poulpes, sont peints des triangles formés de points, les uns avec le sommet vers le bas, les autres avec le sommet vers le haut. Tâchons de comprendre leur signification. J'ai trouvé dans une maison néolithique une grossière statuette de pierre représentant une femme

sans tête ni bras, peut-être brisée. Les parties sexuelles, comme sur tant d'autres en Égypte et dans le bassin égéen, sont marquées par un grand triangle rempli de points ; ce triangle est peu réaliste ; il est, lui aussi, stylisé ; et ici le doute n'est pas possible : il exprime l'idée de maternité. Il me semble qu'il est permis de retrouver la même idée dans les triangles formés de points, alors même qu'ils ne sont pas sur une image féminine, par exemple sur le vase aux poulpes. Une fois admis que ce triangle est devenu un signe hiéroglyphique, l'expression graphique d'une idée, on peut se demander si un triangle en tout semblable, mais avec le sommet retourné, ne signifierait pas l'idée complémentaire, celle de paternité ; de là à réunir les deux par le sommet il n'y a qu'un pas pour exprimer l'union de sexes, l'idée de reproduction, de conservation de la vie. Déjà la découverte de M. Houssay nous fait saisir le sens philosophique du poulpe, image du principe créateur de la vie, et le caractère sacré du vase ; or, si nous lisons les triangles avec la clef proposée ci-dessus, en allant de droite à gauche, comme les Phéniciens, nous trouvons alternativement un triangle féminin et un masculin, trois fois, puis les deux derniers formant une seule figure à sommet commun, celle du principe conservateur de la vie.

Nous aurions donc sur ce vase liturgique un résumé de la philosophie ou de la religion apportée par les Phéniciens en Espagne.

Mais l'interprétation du double triangle demande confirmation.

Les mystères de la création et de la conservation de la vie ont toujours grandement préoccupé les anciens ; ceux-ci ont extériorisé les conceptions de leur esprit en des figures d'idoles et des représentations tirées de la nature, des organes et des êtres qui leur semblaient avoir les rapports les mieux marqués avec ces mystères. Les statuettes à grand triangle sexuel, les dessins de

poulpes en sont des exemples. En voici un autre, sur des vases représentés dans l'article précédemment cité (fig. 221 et 222) (1). Sur chacun d'eux on voit un cerf à la ramure puissante, entouré de biches ; c'est, avec le poulpe, le seul animal que j'aie retrouvé sur des vases. Pline décrit l'étonnement que causaient aux penseurs de son temps la chute annuelle des bois du cerf, et la relation de leur croissance avec la force reproductrice de l'animal : si celle-ci lui est enlevée, les bois ne repoussent pas. Ces idées étaient plus vieilles que Pline, et nous pouvons bien y voir une allusion sur nos vases préhistoriques ; or, détail vraiment éloquent, sur chacun de ces tableaux, à une place où on se demande ce qu'elle vient faire, se trouve notre figure du double triangle : elle est là comme une légende explicative de la scène ; mais je ne sais laquelle des deux, la légende ou la scène, explique pour nous l'autre : nous voyons que toutes deux font allusion au même principe de la reproduction.

On peut interpréter dans le même sens les figures d'un autre vase (fig. 225 du même article) (2) ; à côté de deux yeux qui, nous le verrons, dérivent de ceux du poulpe, ce sont deux feuilles de palmier. Recourons encore à Pline : il nous dit combien l'esprit des anciens avait été frappé par la différenciation des sexes chez le palmier : la sexualité existe chez tous les végétaux, dit-il, mais dans nul autre on ne la constate comme dans celui-là. Pouvons-nous croire que c'est par hasard que les Néolithiques l'ont choisi pour le dessiner sur cette série de vases qui parlent tous de la même idée ? Ici il n'y a pas de double triangle : mais il ne serait pas si bien à sa place à côté des végétaux.

Il n'est pas inutile de consigner une autre remarque. Les anciens attachaient de l'importance aux analogies

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, p. 554.
(2) Ibidem, p. 554.

accidentelles que présentent les formes des choses ; or, il y en a une, incontestable, entre les bras du poulpe et la ramure du cerf, et même, quoique plus vague, avec les feuilles de certains palmiers ; celle-ci devient tout à fait marquée sur des idoles en os, où certaines lignes, dérivées des bras du poulpe, présentent absolument l'aspect de palmes.

Dans ce même ordre d'idées il y a une analogie plus importante, et très frappante, entre la figure géométrique de notre double triangle sexuel et celle des représentations symboliques de la hache bipenne. On me demandera quel rapport il y a entre les deux idées? Je demanderai à mon tour si c'est pour elle-même que la hache bipenne a été honorée ? Ses titres, comme instrument de sacrifice, sont bien maigres. Ne serait-ce pas plutôt à cause de sa forme même, semblable à celle du double triangle sexuel? Elle serait alors le symbole du principe de la puissance reproductrice, ce qui cadre infiniment mieux avec ce que nous savons des idées et des cultes de l'époque. De plus, je ne vois pas de raison pour croire que ce signe soit né en Espagne, et n'ait pas été importé avec le triangle féminin et le poulpe : dès lors, il aurait existé dans l'Est méditerranéen et y aurait été également le symbole du principe conservateur de la vie ; cela admis, je me demande comment on pourrait ne pas l'identifier avec la hache bipenne.

Il nous faut revenir au poulpe. J'en ai décrit plus haut les représentations les plus parfaites que j'aie trouvées sur la céramique espagnole. Mais il y en a bien d'autres, où il serait, je crois, impossible de soupçonner une allusion au poulpe, si nous n'avions pas les précédentes pour servir de transition. Les uns sont des cercles entourant un point, et représentant les yeux, avec, de chaque côté, des paires de bras terminés par le chevron ; les paires de bras sont plus souvent au nombre réglementaire de quatre ; mais on en voit aussi trois, ou, d'autres fois,

beaucoup plus ; sur certains vases les yeux sont remplacés par des mamelons en relief, ce qui semble mieux marquer une tendance à l'anthropomorphisme. On ne peut pas s'empêcher de trouver à ces figures avec les séries de bras de chaque côté, une analogie d'ensemble avec les globes ailés égyptiens et avec les dieux ailés assyriens ; sur un vase même (fig. 224 de l'article cité) (1) ils flanquent un cercle unique, comme un globe, entouré de points; mais au-dessus et en dessous, il y a des paires d'yeux qui nous ramènent au poulpe. Je ne crois pas que le hasard explique cette analogie dans les représentations de la divinité principale de divers peuples, et il y aurait lieu d'en rechercher la cause.

Sur nos vases espagnols, le plus souvent le poulpe figure deux fois. Fréquemment ses bras ont disparu, et il ne reste que deux yeux ; d'autres fois, à côté de ceux-ci il y a des séries de lignes courbes qui paraissent dérivées des bras ; d'autres en zigzag sont identiques au signe représentant l'eau chez les Égyptiens : des champs de points et de lignes verticales ont probablement aussi un sens. Sauf les deux premiers exemples décrits, qui sont peints en rouge, toutes ces figures sont gravées ; dans un cas après la cuisson, dans tous les autres, avant.

Après les vases, les os d'animaux peints ou gravés nous fournissent une série surprenante de dessins qui ont avec les précédents la relation la plus étroite. Ces os ont reçu des ornements peints, mais souvent les surfaces peintes ont été fortement corrodées, et le dessin se trouve gravé en creux. Le sujet reproduit est toujours le même : sa caractéristique est une paire d'yeux, cercles à point central, entourés de rayons. La forme de l'objet ne permettant pas le développement en largeur, c'est au-dessus et surtout au-dessous des yeux que sont placés les autres ornements qui sur les vases s'étalent sur tout le pourtour :

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, p. 554.

ce sont surtout ces mêmes arcs de cercle rappelant les bras du poulpe, et s'alignant en nombre des deux côtés d'un axe vertical, comme des palmes : il y a des champs remplis de zigzags, des séries de lignes droites courtes et parallèles, des chevrons, des triangles ; le sujet le plus compliqué est celui du damier : les carrés ou losanges sont alternativement vides et pleins : le remplissage de ceux-ci est obtenu par des lignes croisées parallèles aux précédentes et formant comme un damier plus petit. On ne trouve pas ce dessin sur les vases liturgiques, mais les lignes croisées formant greneté, sont fréquentes sur divers objets, entre autres sur des récipients en albâtre ou en os. Ce dernier système d'ornementation est très phénicien ; les autres, notamment le damier, qui n'est plus une composition simple, offrent avec ceux des anciens vases chypriotes l'identité la plus complète.

J'ai dit plus haut que les dessins ont été peints et que souvent les parties peintes sont actuellement en creux : même lorsqu'il n'en est pas ainsi, la couleur ne se distingue plus : l'os a seulement un aspect un peu différent qui révèle les lignes du dessin, ou bien on y voit des stries, comme si on avait raclé plutôt que peint. Lorsque le dessin est en creux, on se demande si c'est par un effet de corrosion naturelle, d'altération de la peinture, ou le résultat voulu d'un procédé de gravure ; dans certains cas on incline vers cette dernière réponse. La même question se présente devant les œufs d'autruche peints ou gravés d'une nécropole carthaginoise voisine.

Sur les os non gravés, les lignes sont très fines et serrées ; le dessin est fort délicat, l'exécution très soignée.

Beaucoup de motifs représentés sont ceux du répertoire des vases gravés ; ce sont bien les mêmes idées, exprimées par le même peuple à la même époque : la plupart ne sont pas seulement des ornements : ils ont aussi un sens symbolique. La forme des os donne à l'ensemble l'effet des idoles chypriotes ; avec leurs deux yeux, ils évoquent

l'idée d'une figure humaine, comme les petites idoles en albâtre (fig. 259 de l'art. cité) (1), avec leurs seins en relief, et d'autres avec une sorte de tête et deux yeux. Parmi les os, une côte plate gravée, avec les deux yeux très caractéristiques, entourés de lignes ornementales, porte une série de rangées horizontales formées par des triangles ; une au-dessus, avec les sommets renversés ; sous les yeux, trois rangées, avec sommets en haut ; plus bas deux autres semblables, séparées des précédentes par une bande ou ceinture de losanges. Les triangles sont remplis de lignes croisées. L'intérêt de cette côte consiste en ce qu'elle se rattache, par son ensemble et surtout les deux yeux, aux os longs avec lesquels elle se trouvait, et par sa forme plate et les nombreux triangles, à une catégorie d'objets bien connus et qui jouent un rôle important dans le Néolithique de la Péninsule : je veux parler des plaques de schiste gravées. J'en ai retrouvé dans les sépultures d'Andalousie : quelques-unes n'ont que des trous de suspension ; d'autres portent en outre trois paires de lignes courbes (fig. 266 de l'art. cité) (2), réminiscences lointaines des bras du poulpe : d'autres sont couvertes de triangles identiques à ceux de la côte gravée. La plus belle collection de ces plaques provient des sépultures portugaises : les détails varient à l'infini ; voici les caractères les plus habituels : le tiers supérieur, outre un ou deux trous de suspension, porte au centre un espace triangulaire à sommet retourné, privé d'ornements : ces derniers se composent de bandes ornées, différemment disposées, et qu'il faut rapprocher des lignes courbes ci-dessus mentionnées ; elles ont donc une relation — on ne le croirait pas — avec les bras du poulpe. Le reste de la surface est couvert de dessins géométriques variés, parmi lesquels dominent les triangles remplis de lignes croisées, et des bandes ou

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, p. 539.
(2) Ibidem, p. 541.

ceintures de composition différente. Ces plaques sont rectangulaires ou plus larges à la base ; il y en a d'autres en forme de crosse, ornées, et qui rentrent dans le même groupe ; je citerai aussi une corne avec des gravures de chevrons. Sur les plaques, les trous de suspension font fonction d'yeux : cela est moins clair quand l'œil est unique au milieu du front, comme chez les Cyclopes ; mais on ne peut en douter en présence de quelques exemplaires hautement intéressants, dont l'anthropomorphisme a été signalé par M. Cartailhac : un épaulement dégage la tête ; le vide triangulaire du sommet s'allonge et devient une sorte de nez ; sous les deux yeux, trois ou quatre paires de lignes sont d'autant plus singulières qu'elles laissent entre elles un espace vide, précisément où devrait se trouver la bouche. Sur le corps de la plaque provenant de Idanha a Nova, les chevrons affectent une disposition qui fait allusion à des bras, à des jambes, à des pieds ; au musée de Madrid se trouve une plaque où les mains sont bien marquées : elles touchent un triangle à sommet retourné, tout au bas de l'objet. L'anthropomorphisme de ces figures est évident ; mais on voit bien qu'il est né de la juxtaposition d'éléments que nous connaissons comme indépendants, et dont l'agencement paraît avoir d'abord visé un effet décoratif.

C'est en France que nous trouvons le couronnement de la série, le dernier terme de cette singulière évolution : ici encore M. Cartailhac a été le premier à signaler la parenté entre les plaques gravées et les statues-menhirs : j'appelle surtout l'attention sur celle de St-Sernin, parce que, tout en se trouvant au sommet du groupe, sa tête nous ramène au point de départ : elle reproduit de façon frappante les traits élémentaires de notre poulpe ; deux yeux, le corps et quatre paires de bras rudimentaires. L'absence de bouche, signalée par M. Houssay, est bien, comme ce savant le dit, la preuve de l'origine de toutes

ces divinités, qui émerge au milieu du courant anthropomorphique.

Nous assistons ici à la formation d'un vaste panthéon : comme dans celui de l'antiquité classique, les dieux se transforment, s'unissent, se multiplient ; les hasards d'un dessin, des rapprochements fortuits leur donnent naissance : cela nous est raconté par ces os et ces pierres en un langage qui n'est pas plus banal que celui de la mythologie ancienne. Dans cette cohue de dieux, on retrouve cependant la persistance d'un culte primordial, celui du principe créateur, dont la figure symbolique, tirée du poulpe, subsiste au milieu de toutes les transformations.

A l'Est méditerranéen, si nous suivons MM. Perrot et Chipiez, la colonne est née de l'emploi des troncs d'arbre pour soutenir les toits de trop grande portée : la partie la plus large se plaçait en haut et la base plus étroite reposait sur un dé en pierre. La colonne lapidaire a conservé la gracilité et l'amincissement vers le bas ; parfois elle était faite de plus d'un tronçon, l'assemblement s'obtenant par tenon et mortaise. Pour cette colonne, MM. Perrot et Chipiez ont créé l'ordre mycénien.

L'architecture néolithique faisait également usage de colonnes en bois et en pierre ; j'ai retrouvé un des dés en pierre sur lesquelles reposaient les premières : il est de profil identique à ceux du palais de Tirynthe, et n'en diffère que par le creux pratiqué dans sa face supérieure pour mieux assujettir le poteau. Les colonnes de pierre sont infiniment plus grossières que celle de Mycènes; parfois elles sont à peine dégrossies, mais d'autres fois, ce sont de vrais fûts à section arrondie par un travail patient : dans un cas, deux fragments s'emboîtaient par un tenon et une mortaise rudimentaires. Dans plusieurs exemples, on peut observer d'une façon bien caractérisés l'amincissement vers le bas.

La colonne néolithique appartient donc à l'ordre mycénien.

Dans l'article de 1893, j'ai comparé les sépultures néo-

lithiques aux tombes à coupole de Mycènes : l'analogie est frappante ; depuis, plusieurs savants de la Péninsule ont renchéri sur le sujet, qui vient d'être traité de main de maître par Don Manuel Gomez Moreno, dans le Boletin de la Real Academia de la Historia, à propos de la récente découverte d'une superbe tombe à coupole dans les environs du célèbre dolmen d'Antequera.

La comparaison des deux systèmes architecturaux s'imposait. M. Gomez Moreno croit les coupoles plus anciennes que les dolmens. Je crois qu'en principe il a raison, et un des motifs qui me le font croire c'est que les plus anciennes maisons, souterraines ou superficielles, sont rondes comme les coupoles qui en sont les copies. Mais il y a un fait positif : les deux systèmes étaient contemporains à la fin de l'époque néolithique, à l'aurore de l'âge du bronze. De plus, il y a entre les deux systèmes une différence autrement grande que la forme et le plan, c'est le principe architectural de leur couverture : voûte dans les coupoles, dalles plates dans les dolmens. La voûte est par elle-même une construction savante qui n'a pu naître en un jour ; on pourrait se demander si, ne disposant pas de dalles assez larges, on n'a pas réduit la portée des chambres en posant sur les pieds-droits une première rangée de pierres en encorbellement, puis une autre et ainsi de suite ; ce serait une genèse contraire à celle proposée par M. Gomez, mais je ne crois pas non plus que les choses se soient passées ainsi. On est frappé, à la vue de la plupart de ces voûtes, du contraste entre la science architecturale que suppose le système, et l'inhabileté de l'exécution : presque toutes sont interrompues avant d'arriver à la clef, et on a bouché le trou par une grande dalle, de sorte que ce ne sont plus de véritables voûtes. Il semble que souvent on a préféré renoncer tout à fait au principe, à cause du manque d'ouvriers habiles, pour admettre celui des constructions mégalithiques. On peut même montrer que les constructeurs n'ont pas eux-mêmes

compris la théorie de la voûte, puisque souvent ils ont soutenu par une colonne la dalle faisant office de clef. On peut difficilement imaginer une association de deux éléments aussi bien faits pour s'exclure : la colonne et la voûte, même par encorbellement. C'est par cette faute technique qu'on distingue le copiste inconscient et maladroit du créateur intelligent. On croirait voir l'œuvre d'un enfant qui a puisé dans une boîte à jeu divers éléments et les a assemblés sans comprendre leur rôle ; l'enfant, c'est l'ouvrier turdétan néolithique ; la boîte, c'est l'architecture mycénienne.

L'emploi des crépis en plâtre et des peintures murales dans les maisons ou les tombes suggère des réflexions du même genre : on ne peut nier d'une façon absolue la possibilité d'une invention locale ; mais aucun archéologue ne s'attend à trouver un pareil raffinement dans ces grossières constructions : l'idée des stucs vient à l'architecte quand il a obtenu de beaux parements réguliers qui invitent à y produire des surfaces lisses, lesquelles appellent des décors ; de même pour la céramique : pour songer à orner et surtout à peindre des vases, il faut que le potier fournisse de belles superficies capables de recevoir et de faire valoir les peintures.

Pas plus que la colonne, les anciennes villes d'Hissarlik n'ont connu les crépis ni les peintures : c'est avec l'art mycénien qu'ils naissent ; c'est avec tous les autres vestiges d'art de l'Est méditerranéen qu'ils apparaissent en Espagne, et comme toujours, avec des caractères d'infériorité très marqués. Cette infériorité ne doit pas nous étonner : ces arts que nous appelons mycéniens pénétraient en Espagne par les Phéniciens ; ceux-ci, artistes médiocres eux-mêmes, venaient pour s'enrichir, non pour créer des écoles artistiques, et les indigènes n'ont à aucune époque montré des dispositions à devenir de bons élèves.

Coupoles, colonnes, crépis, peintures, etc., ne survivent

pas au Néolithique : ils disparaissent à l'âge du bronze avec les Phéniciens, pour ne reparaître qu'avec les Carthaginois et les Grecs.

Il est encore un détail à mentionner : très fréquemment j'ai retrouvé dans les maisons néolithiques des foyers ronds, marqués par une forte épaisseur de cendres, et limités par un bourrelet circulaire d'argile. C'est exactement la disposition du foyer découvert par Schliemann dans le mégaron du palais de Mycènes, moins les décors en couleurs. En Espagne je n'ai pas constaté ce système de foyers autre part que dans les demeures de l'époque néolithique ; c'est, à côté de tant d'autres, une analogie de plus.

Il nous reste à examiner une série de témoins plus directs encore, sinon plus probants, de la présence des Phéniciens. J'ai trouvé dans les sépultures de nombreux débris de vases en plâtre. Celui-ci, très fin et solide, était obtenu par la calcination du gypse cristallisé très pur qu'on trouve abondamment en petits filons ; on en ramasse de nombreux fragments crus dans les décombres des maisons, d'autres à moitié cuits; les plus fréquents sont des restes de crépissages appliqués sur les murs et sur les boisages. L'emploi du plâtre dans la confection des vases est fort extraordinaire ; on s'en servait aussi pour boucher le fond de pots troués ; il y a encore des vases en terre cuite ordinaire, munis d'un col en plâtre, appliqué après la cuisson, et dont l'adhérence devait être extrêmement défectueuse : ces cols conservent des traces de couleur rouge. Parmi les vases entiers il y en a qui sont ornés de lignes gravées et de peintures rouges et bleu-verdâtre. L'exemplaire le plus complet a la forme d'un œuf d'autruche de petite dimension, dont le bout serait largement ouvert : il est décoré d'une série de lignes gravées verticales, comme des méridiens arrêtés par deux cercles polaires : les côtes ainsi marquées sont alternativement

vides et remplies de lignes croisées. L'ensemble reproduit le système de décoration des œufs d'autruche qui abondent dans les nécropoles puniques, et sur lesquels on revoit les lignes croisées. De cette ressemblance, j'avais déduit que dès le Néolithique existait le commerce des œufs d'autruche peints ou gravés, spécialité des Phéniciens : c'était surtout en Afrique qu'ils allaient les chercher pour les répandre sur les côtes de la Méditerranée. Or, voilà que parmi les milliers de petites rondelles percées servant de grains de collier, je constate qu'un grand nombre sont faites de coquilles d'œufs d'autruche, ce qui vient transformer mon hypothèse en certitude.

Dans les mêmes sépultures et maisons, je recueille des objets en ivoire, souvent travaillés et ornés avec soin ; quelques-uns sont d'usage indéterminé : de grandes plaques ornées de gravures, paraissant destinées à être attachées sur les vêtements : une d'elles est couverte d'un greneté uniforme. Il y a aussi des peignes ; le plus intéressant est reproduit par la figure 233 de l'article d'octobre 1893 (1) : il est fait de deux pièces assemblées très adroitement par tenon et mortaise. Cet ivoire provenait d'Afrique sinon d'Asie, et il est à présumer qu'il était introduit en Espagne sous forme d'objets ouvrés.

Parmi les objets se rapportant à la toilette, nous trouvons encore de petits récipients en albâtre et en os, d'une forme particulière, propre à contenir des parfums ; des pastilles et des enduits de cinabre indiquent le même genre de goût pour les cosmétiques et les fards : les enduits et croûtes peuvent être le résidu de cosmétiques, que l'on avait l'habitude de colorer avec le cinabre.

Enfin je ferai mention de quelques très rares grains de collier minuscules, de terre légèrement émaillée, de couleur gris foncé peu attrayante.

Je crois qu'il serait difficile de trouver une série d'ar-

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, p. 557.

ticles d'importation caractérisant mieux que ceux-là la spécialité du commerce phénicien. Il serait superflu de citer les témoignages, nombreux et clairs, des auteurs anciens; rappelons que les fouilles des nécropoles puniques le confirment : celle de Villaricos, par exemple, a produit en quantité des œufs d'autruche peints ou gravés ; on y trouve des peignes en ivoire, plus richement représentés dans les nécropoles de l'Andalousie occidentale, où ils sont couverts de gravures remarquables, de caractère oriental très marqué ; les ungüentaria en albâtre abondent dans ces sépultures, comme les perles en verre.

Si le commerce de ces produits a été de mémoire d'homme, la spécialité, le monopole des Phéniciens, je ne vois pas qu'on puisse chercher à expliquer leur présence dans les tombes et les maisons néolithiques du Sud de l'Espagne, autrement que par l'existence de ce commerce phénicien, du moment que d'autres considérations nous ont prévenu qu'il est contemporain de la dernière phase du Néolithique. Ajoutons qu'aucun pays n'a été travaillé par les Phéniciens comme le Sud de l'Espagne.

Il est extrêmement probable, pour ne pas dire sûr, que la plupart de ces produits ont été fabriqués par les Phéniciens chez eux ou en Espagne. J'ai la même impression pour les os peints et gravés : presque tous ceux que je possède, une trentaine, se trouvaient réunis dans les décombres d'une maison brûlée, comme formant un lot de marchand.

D'après cela, nous serions devant des produits qui sont les plus anciens qu'on puisse attribuer à l'industrie et à l'art phéniciens. On est habitué à voir l'histoire de ce peuple éclairée surtout par la lumière venant des colonies qui l'ont enrichi. Mais il ne faut pas perdre de vue que les objets trouvés en Espagne, même s'ils sont de fabrique phénicienne, sont des produits médiocres : ce sont de ceux qu'on réserve pour les peuples arriérés, ou pour les colonies : de la pacotille d'exportation. C'est bien cela, non

de l'étain, ni des poignards incrustés d'or et d'argent, ni des vases ou des bijoux précieux richement travaillés que nous devons nous attendre à trouver aux mains des indigènes comme prix de la matière que les commerçants leur achetaient, de l'argent surtout, dont ils exportaient des quantités énormes pour fabriquer et vendre dans les centres civilisés, et non ramener en Espagne, ces vases et ces bijoux de prix que l'antiquité a chantés et que leurs voisins se disputaient.

L'Espagne neuve et ignorante, Tarshis la riche en argent, exploitée par le camelot, la ruse et les armes des Phéniciens ; ses dépouilles enrichissant Sidon et Mycènes, voilà le tableau de la fin du Néolithique, tracé par les fouilles.

Pour achever de faire ressortir le caractère oriental des objets et des industries que nous venons d'étudier, il est encore une donnée de première importance, sans laquelle le tableau serait incomplet : c'est le contraste que présentent avec eux les produits occidentaux. Ce contraste, nous le verrons surtout en étudiant l'âge suivant, celui du bronze, dont le caractère dominant est la disparition complète de toute influence orientale, et qui nous fournit un point de comparaison de grande valeur. Mais sans sortir du Néolithique, et comme on devait s'y attendre, nous trouvons des éléments qui appartiennent en propre à l'Occident, et qui, eux aussi, servent à mieux marquer la coexistence de deux courants très différents.

Parmi eux sont les substances suivantes : ambre, lignite, callaïs ; les deux premières surtout nous reportent aux pays de leurs gisements classiques : les rivages de la Baltique et les contrées entourant la mer du Nord ; on les rencontre dans les sépultures néolithiques, sous forme de grains de collier, à côté des grains en coquille d'œufs d'autruche. Leur caractère exotique est confirmé par ce fait qu'on ne les trouve plus à l'âge du bronze, où,

pour les milliers de grains récoltés, étaient exclusivement utilisés les produits indigènes ; elles reparaissent dans les nécropoles des Visigoths.

Il existait aussi un art particulier à l'Occident, et qui peut soutenir la comparaison avec celui des Phéniciens, sinon avec celui des Mycéniens : c'est l'art céramique avec sa décoration si spéciale. A travers les siècles qui ont suivi la pierre polie et jusque dans notre ère, le centre et l'Ouest de l'Europe ont montré une constante prédilection pour la poterie à surface noire lissée, contrastant avec le goût des couleurs vives dans le bassin oriental de la Méditerranée. Ses formes aussi sont spéciales ; elles restent simples, n'ont ni la complication ni l'élégance des produits de Grèce et d'Asie mineure. Enfin leur décoration est d'un principe totalement différent : c'est le procédé primitif de l'incision, sans emploi de couleurs.

Dans les tombes néolithiques d'Espagne on trouve côte à côte des vases ornés de peintures ou gravures de style oriental, et d'autres de l'art occidental le mieux caractérisé. Ces derniers appartiennent au groupe qui est surtout connu par les poteries en forme de calice ou de tulipe, répandues dans l'Occident de l'Europe, et souvent accompagnées d'ambre, de lignite ou de callaïs : c'est, en effet, cette forme qui paraît la plus typique du groupe, et qui couvre l'ère la plus étendue ; mais à côté de cela il y en a plusieurs autres. Les vases en tulipe ont le fond bombé avec, au centre, une partie aplatie ou un petit creux circulaire correspondant à une saillie à l'intérieur ; la panse est arrondie ou carénée, le bord évasé ; ils sont à peu près aussi larges que hauts ; dans la Péninsule, une classe qui paraît dérivée de la précédente est sensiblement plus aplatie ; il y a aussi des bols ou calottes sphériques ; en Andalousie M. Bonsor a trouvé des coupes à pied qui se rapprochent du groupe par leur ornementation, mais je les crois un peu plus récentes.

Généralement, la pâte est fine, l'exécution bonne, la surface soigneusement lissée ; la couleur est parfois rouge, souvent gris brun, mais on paraît avoir cherché à obtenir plutôt le noir. Leur valeur vient surtout de la décoration de la surface, qui est très spéciale ; le procédé d'abord : toutes les lignes sont en creux, et souvent remplies de matière blanche ; le creux s'obtenait dans la pâte molle, ou par incision, ou par estampage au moyen d'une sorte de peigne qui imprimait une série de petits éléments linéaires à la suite l'un de l'autre ; les dessins les plus caractéristiques sont ceux formés par les combinaisons de petites lignes courtes parallèles, très rapprochées les unes des autres et différemment agencées. Cela donne des surfaces qui rappellent des ouvrages de vannerie, des tissus, des dentelles, et l'effet est très heureux. Mais si ce que j'appellerais la trame de ces tissus est très variable, ce qui est une loi générale, c'est leur disposition en bandes horizontales étagées faisant le tour complet du vase, et laissant le plus souvent entre elles des zones sans ornements ; sur les fonds bombés, ces bandes concentriques, avec une étoile au centre, sont souvent remplacées par d'autres radiales. Il y a d'ailleurs une grande variété de détails individuels ; certaines bandes sont limitées par des lignes droites ; d'autres par des becs ; au bord même de certains vases il y a comme des franges interrompues, ou bien l'ornementation empiète un peu sur l'intérieur.

Cet art, malgré l'aspect de richesse de certains de ses produits, reste sévère : par son incrustation dans la pâte, le décor fait partie intégrante de l'objet, et sa disposition par bandes circulaires en épouse bien la forme. Ces qualités, les vases peints mycéniens ne les possèdent pas : le potier a pris leur surface comme il en aurait pris une autre quelconque pour y appliquer des ornements, en se préoccupant peu de la ligne du vase : celui-ci est une chose et le sujet qui le décore en est une autre. Cela même a

permis au pinceau de courir plus librement et d'obtenir des effets plus variés et plus brillants.

Des deux écoles on ne peut dire l'une supérieure à l'autre ; c'est une question de goût, non de mérite artistique. Mais ce qui nous intéresse ici, c'est de constater que l'Occident avait son art céramique propre, très personnel, et spécial à l'époque néolithique ; art qui tient une place très honorable à côté de celui des Mycéniens et des Phéniciens et qui en est aussi différent que possible. Ce n'est donc pas seulement par la ressemblance des procédés ou des sujets que nos vases à poulpes et autres objets peints proclament leur origine orientale ; c'est tout autant par le contraste le plus absolu qu'ils offrent avec les produits occidentaux contemporains.

La céramique que nous venons d'étudier est propre à la moitié occidentale de l'Europe. Elle est très abondante dans la Péninsule ibérique, où les formes semblent plus variées : on l'a trouvée tout au centre, à Ciempozuelos, près de Madrid. J'ai constaté ce système d'ornementation sur un vase en forme de cruche, de la plus ancienne phase du Néolithique. Si on en a fabriqué partout, la Péninsule a été en tout cas un centre très ancien et très important de production, sinon d'exportation. Jusqu'à présent c'est seulement dans le Sud, c'est-à-dire dans la province que les Phéniciens ont habitée, que ce genre de céramique est associé à des poteries de caractère oriental.

La partie phénicienne de l'Espagne est l'Andalousie moderne, la Bétique romaine, la Turdétanie, Tartesside ou Tarshis préhistorique. Son axe est le bassin du Guadalquivir, limité au Sud par la chaîne bétique qui court parallèlement à la côte ; le point culminant de ces montagnes atteint l'altitude de 3000 mètres dans la Sierra Nevada, où la neige ne disparaît jamais complètement. Les navigateurs venant de l'Est pouvaient pénétrer en Andalousie par les parties basses de l'Ouest, par la région où

débouche le Guadalquivir : mais il fallait pour cela franchir les colonnes d'Hercule, ce qui allongeait la navigation. Si même ils avaient réussi à pénétrer par là assez avant dans l'intérieur, cela n'enlevait pas la valeur d'une route plus directe par le Sud-Est. Ici se présentait un autre obstacle : la chaîne bétique à traverser. Pour cela, les seuls chemins praticables, et d'ailleurs excellents, sont les lits des cours d'eau, généralement à sec et formés de graviers. La plupart descendent de la montagne et n'ont aucune utilité : mais quelques-uns des principaux conduisent à des cols et permettent d'arriver au versant intérieur : ce sont ceux que suivent aujourd'hui les chemins de fer qui mettent l'intérieur en communication avec la mer, et aboutissent aux ports de Malaga et d'Almérie ; c'étaient également ceux que les anciens ont pu suivre. Plus à l'Est encore, et aux limites de l'Andalousie, de la contrée riche en argent, se trouve le Rio Almanzora : c'est près de son embouchure, à l'endroit appelé Almizaraque, près de la plage de Villaricos, que j'ai trouvé la galène et le plomb néolithiques, et les idoles en os peintes : les Phéniciens y ont donc abordé ; les Carthaginois fondèrent à Villaricos la colonie de Baria pour exploiter les mines d'argent ; les Romains leur succédèrent, et il y a soixante ans on a repris l'exploitation et l'exportation. Mais le point de débarquement est mauvais, et on ne peut pas supposer que des conquérants y soient venus avec des flottes ; d'ailleurs, en remontant la vallée, j'ai trouvé plusieurs bourgades néolithiques sans importance stratégique.

Le véritable chemin indiqué pour des envahisseurs arrivant de l'Est, est le Rio Andarax ou d'Almeria, qui aboutit à un bon port, recherché par les anciens et encore actuellement : il relie la mer à la partie Est de l'Andalousie, et réduit à son minimum le trajet à faire par mer. De plus, il conduit directement aux riches mines de cuivre argentifère de l'Ouest de Sierra Nevada. Sur les quinze premiers kilomètres depuis la mer, il parcourt une vallée

fertile assez large, puis il traverse un véritable défilé, où la construction du chemin de fer a été excessivement coûteuse, sans réussir à éviter des courbes et des pentes parfois excessives. C'est précisément à l'entrée de ce défilé, à l'endroit appelé Los Millares, que se trouve la ville néolithique la plus importante que je connaisse. Je l'ai décrite dans l'article publié dans cette Revue en Octobre 1893 (1), avec sa nécropole qui m'a fourni tant de restes précieux de traces d'influence orientale. La ville occupe un espace de cinq hectares, défendu du côté de la rivière par un escarpement de 70 mètres de hauteur, et de l'autre par des levées de terre, tranchées, bastions, etc. Une source actuellement tarie avait été captée et menée dans la ville par une conduite de plus d'un kilomètre de longueur. Sur les collines environnantes qui dominent les environs, des forts ont été construits, qui pouvaient abriter de fortes garnisons. Je n'ai pas vu en Préhistorique d'autre exemple d'un appareil défensif si considérable : à l'âge du bronze même, époque par excellence des villes fortifiées, ce ne sont que des rochers isolés avec leur acropole. Mais ici tous les caractères se réunissent pour montrer que la place avait une importance stratégique régionale. Tout le pays contribuait à la défendre, et avait intérêt à la garder. Nous savons que par sa situation, c'était la porte orientale de la Tartesside, et nous voyons qu'elle était destinée à en protéger l'entrée contre des envahisseurs venant de la mer. Seules d'ailleurs, des armées organisées devaient passer par là : elles avaient besoin et du port abrité qu'offre Almérie, et du chemin commode qu'est le lit du cours d'eau ; des bandes de pillards auraient passé d'un autre côté. Notons aussi que la distance de 15 kilomètres jusqu'à la mer, forçait les envahisseurs à s'éloigner de leurs navires, ce qui était une cause d'infériorité pour l'attaque.

(1) Revue des Quest. scient., t. XXXIV, pp. 517 et suiv.

Voilà donc que nous arrivons à prouver la réalité d'expéditions venues de la Méditerranée par le simple examen des ruines d'une ville construite pour s'opposer à ces invasions. Et dans cette ville, à côté de produits qui existent dans tous les milieux néolithiques de l'Occident, nous en trouvons d'autres, spéciaux au sud de la Péninsule : des coquilles d'œufs d'autruche qui n'ont pu venir que par mer, comme les envahisseurs ; de l'ivoire, des parfums, des poulpes mycéniens, des colonnes d'ordre mycénien, des voûtes encorbellées, etc., etc.

Si ce ne sont pas les Phéniciens qui apportaient toutes ces choses par la mer, qui est-ce ? Et alors où sont, et que sont celles que les Phéniciens ont apportées ?

J'ai pu me demander, au début de ces recherches, s'il ne fallait pas croire à la présence d'un peuple conquérant à la remorque duquel les Phéniciens se seraient insinués dans le pays, profitant des conquêtes et des ruines : mais j'ai dû bien vite abandonner cette idée en constatant le sceau phénicien même sur les objets qu'on peut attribuer à l'art mycénien ; ensuite, après avoir trouvé les preuves matérielles du commerce de l'argent, but de ces expéditions, il devenait évident que les Phéniciens étaient seuls, sinon ils n'auraient pas eu le monopole du trafic.

En somme, c'est contre les Phéniciens que se levaient les remparts de Millares, c'est pour les empêcher d'envahir la Turdétanie par l'Est.

Les Phéniciens n'étaient donc pas seulement de paisibles marchands, mais aussi d'audacieux conquérants. Et en effet, l'histoire nous dit qu'une grande partie de l'Ibérie leur était soumise, qu'ils étaient maîtres de la Turdétanie. Cependant Millares paraît leur avoir résisté et de tout cela il faudrait déduire que les Phéniciens avaient réellement réussi à conquérir certaines régions, peut-être une partie du versant maritime de la chaîne bétique, et l'Ouest de l'Andalousie, et qu'ils cherchaient à couronner leur conquête et à en améliorer les conditions

d'exploitation, par la possession de la porte orientale, qui se trouvait sur le trajet le plus court pour le transport des marchandises.

D'ailleurs, si les Turdétans ont construit des sépultures à coupoles, employé des colonnes, des crépis, des peintures murales, s'ils ont adopté les idées et les symboles religieux de l'Est, le poulpe, le triangle, si en un mot ils ont si intensément subi l'influence des Phéniciens, n'en faut-il pas déduire que ceux-ci ont vécu près d'eux, avec eux, construisant des voûtes par encorbellement, pratiquant leur culte, etc.? De simples échanges commerciaux effectués sur la plage n'auraient pas amené ce résultat, et l'histoire est là qui, encore une fois, est d'accord avec nos suppositions.

Mais si des colons phéniciens ont habité l'Espagne à l'époque néolithique, que doivent être les vestiges qu'ils y ont laissés ? Leurs établissements n'ayant qu'un but purement commercial, on peut croire que la population qui les occupait ne jouissait pas des privilèges de la métropole, et se pliait aux usages du pays, comme cela se fait dans toutes les colonies. Peut-être donc serait-il difficile de distinguer les traces d'établissements phéniciens de ceux des indigènes, surtout si les races étaient plus ou moins mélangées. Peut-être certaines des coupoles que nous attribuons aux indigènes, sont-elles plutôt phéniciennes. Peut-être en est-il de même du village d'Almizaraque, où j'ai trouvé la statuette du type des îles, avec son grand triangle, de nombreux os peints, de la galène et du plomb.

J'ai dit que Millares paraît avoir résisté aux Phéniciens. Mais devant la difficulté de distinguer une ville indigène d'une ville contemporaine au pouvoir des Phéniciens, on ne peut pas après tout affirmer que ceux-ci ne s'en sont pas rendus maîtres. Cette hypothèse s'accorde mieux que l'autre avec les faits dont je vais rendre compte, et qui me paraissent devoir peser beaucoup dans la balance.

Millares est sur la rive droite du Rio Andarax. Sur la même rive, à 3 kilomètres plus bas, est bâtie la ville de Gádor ; le grand massif montagneux situé à l'Ouest, célèbre par ses mines de plomb (non argentifère), s'appelle Sierra de Gádor.

Il n'est pas possible de lire ce nom sans être frappé de sa ressemblance avec celui de Gadir (ou Agadir), la plus ancienne colonie phénicienne connue. Ayant demandé à Don Fr. de Valladar, éminent archéologue de Grenade, son opinion sur l'étymologie de Gádor, il eut l'obligeance de m'en indiquer plusieurs ; il les rejette comme fantaisistes, et conclut en croyant qu'elle est la même que celle de Gadir ou Gadur. Je me suis aussi demandé si le nom de la montagne et de la ville moderne n'avait pas été porté d'abord par la ville préhistorique ; après l'abandon de celle-ci, il aurait voyagé. Le pays fournit divers exemples de villes modernes et de ruines situées à quelque distance, portant le même nom avec le qualificatif « la vieille ».

Mais en recherchant un sens au nom de Los Millares (singulier : Millar), je trouvai qu'en espagnol moderne, outre celui de millier, il en a deux autres, peu usités ; l'un d'eux est : endroit où on peut élever deux troupeaux, soit mille brebis. Or, Gadir en phénicien veut dire : abri pour troupeaux de brebis. Ainsi donc, Millares est la traduction, en espagnol, du nom phénicien de Cadix ! Et ce nom phénicien lui-même, à peine altéré, se retrouve dans la ville qui s'est substituée à Millares, et dans la montagne qui la domine.

J'ai traduit Gadir par : abri pour troupeaux de brebis ; c'est la traduction adoptée par Delgado dans son remarquable ouvrage sur les monnaies autonomes d'Espagne. Les anciens ont beaucoup discuté sur ce nom : généralement on lui donne le sens d'enclos, endroit entouré d'une défense ; on a même supposé que la défense à laquelle il fait allusion, était la mer ; d'autres donnent à Cadix ou à

son île des noms tout différents. Ceci provient de ce que chaque peuple traduisait le nom primitif en sa langue ; il en est résulté bien des confusions. Delgado fait à ce sujet une étude très remarquable et qui mérite d'être reprise. Il fait observer que beaucoup de noms de lieux et de personnages mythiques de cette partie de l'Espagne font allusion à l'industrie pastorale. Un des rois de l'Atlantide, fils de Neptune et de Méduse, porte indistinctement trois noms : Gadiro, phénicien que nous pouvons traduire par propriétaire de troupeaux de brebis ; Eumélos, qui en grec signifie riche en belles brebis ; et Chrysaor, l'homme à l'épée ou à la ceinture d'or. Ses fils s'appelaient Géryon, propriétaire de troupeaux de ruminants. Les pommes d'or des Hespérides seraient des brebis, puisque μηλα veut dire pommes ou brebis, et que les frères Hespérus et Atlas avaient des brebis renommées pour leur toison blonde et dorée. L'île gaditane se nommait aussi Erythea, que Delgado rapporte à Asti-Herites (troupeaux de brebis).

Il se dégage de là des conclusions intéressantes.

L'industrie pastorale était très en honneur dans le pays visité par les Phéniciens ; les étrangers, par les comparaisons qu'ils peuvent faire, remarquent aussitôt les traits les plus saillants des peuples qu'ils fréquentent, et choisissent les mots les plus caractéristiques pour désigner les lieux et les personnages. Nous pouvons donc admettre que les Phéniciens ont baptisé Millares, dont le nom propre, Gadir ou Gador, est resté à la montagne et a voyagé avec la ville, tandis que le nom commun est resté aux ruines, devenues lieu dit, et s'est traduit de langue en langue jusqu'à nos jours.

On attribue à l'an 1100 environ, la fondation de Gadir, ou au moins le moment où les Phéniciens en firent un centre important. Or, nous verrons dans la suite que c'est vers cette époque que se place l'abandon de Millares : une puissante invasion chassa les Phéniciens, produisant une

révolution complète dans leur commerce qui se reporta vers l'Ouest. Nous verrons pourquoi ; en attendant, retenons ce qui suit.

Avant la Gadir qui vit encore, il y en avait une autre, morte depuis 3000 ans. Elle était la porte orientale de la Turdétanie, son point le plus rapproché de la métropole des Phéniciens. Ceux-ci jouèrent dans son histoire un rôle prépondérant ; et elle à son tour avait pour eux une importance considérable. Bâtie à une certaine distance de la mer, au point choisi par les indigènes (nous devons le croire dans l'état actuel de nos connaissances), elle paraît au premier abord moins avantageusement placée pour les Phéniciens. Cependant, aux mains de ceux-ci, elle protégeait très efficacement la rade de débarquement d'Almérie, malgré son éloignement, et elle rendait ses possesseurs maîtres d'une campagne fertile ; de plus, le point essentiel était de l'enlever aux indigènes. Après leur expulsion, les Phéniciens ont dû choisir une nouvelle Gadir; ils s'arrêtèrent à Cadix : leur choix ayant dû se baser sur des principes rationnels, il faut conclure que c'était le point le plus rapproché de Phénicie : cela nous annonce que l'objectif principal de leur commerce se trouvait au delà ; que ce n'était plus ou du moins plus aussi spécialement la Turdétanie, dont en effet ils étaient chassés : c'est encore pour cette dernière raison sans doute qu'au lieu de s'établir dans la Péninsule, comme l'était Millares, ils sont restés dans la mer, autant dire chez eux. A la nouvelle colonie, les Phéniciens donnèrent le nom de l'ancienne, en souvenir d'elle ou simplement par l'habitude acquise, le nom ayant pris le sens de colonie ou échelle de l'extrême Occident. Le voyage de ce nom d'une extrémité de la Turdétanie à l'autre, serait un cas comme celui de tant d'autres noms que nous ne parvenons pas à fixer. D'après cela, la période de prospérité de Millares, la dernière étape du Néolithique en Espagne, est contemporaine de la première phase du commerce phénicien, caractérisée surtout par l'exportation de l'argent.

LES PHÉNICIENS

J'ai plus d'une fois hésité à employer le nom des Phéniciens sans formuler une réserve. Je dois donner la raison qui a triomphé de mon hésitation.

Que les influences constatées à la fin du Néolithique proviennent du bassin oriental de la Méditerranée, cela est hors de discussion. Qu'elles datent de la deuxième moitié du deuxième millénaire, cela me paraît également certain. Reste à justifier leur attribution aux Phéniciens.

L'argument principal est l'existence du commerce de l'argent.

Il n'y a peut-être pas, relativement à ces époques, de fait sur lequel l'histoire soit aussi explicite, aussi affirmative, et nous avons vu que les termes qu'elle emploie, loin d'être exagérés ou inexacts, sont absolument conformes aux habitudes commerciales et industrielles.

Les Phéniciens ont les premiers fait le commerce de l'argent d'Espagne, sur une grande échelle, et ils ont, d'une façon ou de l'autre, tenu le pays sous leur dépendance.

A la fin du Néolithique nous trouvons tout à la fois la preuve du travail du plomb argentifère, et l'absence de toute utilisation du plomb ou de l'argent : nous en avons conclu que le plomb était exporté pour être affiné dans les usines des acheteurs, comme cela se fait encore aujourd'hui.

Il est naturel de conclure que les exportateurs étaient les Phéniciens, désignés par l'histoire. Pour rendre la démonstration complète, il faut montrer que le commerce phénicien ne peut pas se placer à une époque plus récente ; pour cela il faut étudier celle qui suit immédiatement le Néolithique : l'âge du bronze. Ces deux périodes montrent entre elles le contraste le plus complet ; on peut le résumer en peu de mots : la fin du Néolithique

est imprégnée d'influences venant de l'Est ; les produits importés de même origine sont très abondants ; elle emploie largement le cuivre, le plus commun des métaux ; elle est privée des métaux précieux : étain, argent et même or. L'âge du bronze, au contraire, est de caractère tout à fait européen, sans trace d'influence orientale ; il utilise à peu près exclusivement les produits locaux ; il est surtout riche en argent, possède de l'étain et de l'or. Ces quelques lignes suffisent pour montrer que le commerce de l'argent et la puissance phénicienne ne peuvent pas se placer à l'âge du bronze. Ce que nous savons de l'âge du fer nous montre également des civilisations venues de l'Europe centrale, sans trace d'orientalisme. Il faut descendre jusqu'à l'expansion coloniale de Carthage pour assister au retour de l'Orient.

Il n'y a donc pas place, après le Néolithique, pour un des plus grands événements dont l'histoire du bassin méditerranéen nous ait conservé le souvenir, et le Néolithique réunit toutes les circonstances qui s'adaptent aux conditions marquées par l'histoire pour cet événement.

Nous devons donc placer avant la fondation de Cadix toute une grande et brillante étape de l'activité commerciale des Phéniciens, celle de l'exportation de l'argent d'Espagne

Reste à voir si cette conclusion s'accorde avec ce que nous savons des Phéniciens de Phénicie avant 1100.

Malheureusement cela se réduit à peu de chose, car tous les renseignements se rapportent aux époques suivantes, et, en général, même notablement postérieures ; on s'expose à de grossières erreurs si on veut juger les Phéniciens d'avant 1100 par les monuments qui sont beaucoup plus récents. J'ai bien peu d'autorité pour traiter des questions relatives à l'histoire de ce peuple. Je voudrais cependant proposer sa division en trois périodes, afin d'éviter des confusions :

La première, que j'appellerais préhistorique, descendrait jusque vers le XIIe siècle.

La seconde, historique, jusque vers le VIIIe.

La dernière, qui mériterait le nom de carthaginoise, jusqu'au IIe.

C'est ici la première qui nous intéresse : elle finit plus ou moins vers l'époque du siège de Troie, de la décadence de Mycènes, de l'invasion dorienne.

Autrefois on admettait que la civilisation primitive de Chypre était l'œuvre des Phéniciens, et c'est là qu'on voulait trouver les données pour reconstituer leur histoire. Aujourd'hui on tend à réduire à peu de chose leur rôle dans cette île. C'est là cependant que nous trouvons des séries d'objets qui ont avec ceux d'Espagne de remarquables rapports.

M. Pottier, dans son *Catalogue des vases antiques du Louvre*, divise l'histoire céramique de Chypre en plusieurs périodes. La première va de 2000 ou au delà, jusqu'au XIIe siècle ; il y distingue deux phases : la seconde serait le perfectionnement de la première. Il me semble voir dans cette phase quelque chose de plus qu'un perfectionnement, et j'y suis amené par la comparaison des peintures céramiques chypriotes avec les peintures des idoles turdétanes : ces dernières n'ont aucun lien de parenté avec le groupe ancien de Chypre, tandis qu'elles sont absolument identiques à celles du groupe récent (salle A, vases 40-68). Ce sont les mêmes dents de loup, quadrillés, losanges, damiers et un motif analogue à la tresse ; l'agencement des éléments est le même ; c'est la même absence de spirales, d'enroulements, de cercles ; tandis que ceux-ci abondent dans le groupe ancien de Chypre. Il faut naturellement faire abstraction des cercles représentant les yeux et des courbes rappelant les bras : ce sont des attributs d'idoles qu'on trouve en Espagne et à Chypre.

A côté de cette étonnante ressemblance de système

décoratif, il faut en signaler deux autres non moins spéciales.

M. Pottier attribue à cette même phase récente le développement de la céramique en forme d'animaux. Or, le Portugal a fourni un vase en forme d'animal, dont la présence, dans un milieu néolithique, étonnait fort M. Cartailhac ; dans une sépulture néolithique d'Andalousie, j'en ai trouvé un autre en forme de vache. Ce sont donc des produits spéciaux à l'époque.

Les Chypriotes ont eu à cette période une prédilection marquée pour les vases conjugués et à plusieurs goulots sur une panse ; c'est également à la fin du Néolithique que je trouve en Espagne nombre de vases conjugués, doubles ou triples, ou avec quatre goulots sur une même panse.

De cet examen résultent trois choses.

1. Le groupe récent de Chypre se sépare assez de l'ancien pour qu'on se demande s'il n'est pas la conséquence d'un fait nouveau, d'un apport quelconque de l'extérieur.

2. Il existe un lien très étroit entre les produits chypriotes du groupe récent et ceux à influence phénicienne d'Espagne. Ce lien implique une communauté d'origine.

3. Il implique aussi la contemporanéité. Or des considérations d'un autre ordre m'ont amené à placer la dernière phase néolithique dans la seconde moitié du deuxième millénaire, et c'est aussi la date attribuée aux vases chypriotes les plus récents de la première période.

On voit qu'au point de vue chronologique, l'accord règne parfait entre toutes les sources que nous consultons.

Chypre fournit un autre élément de comparaison : les idoles primitives. Il y en a surtout de deux sortes : les colonnes et les plaques. Dans la Péninsule ibérique, c'est la même chose. Les colonnes-idoles de Chypre sont en terre cuite, grossières, avec empattement à la base ; au sommet sont modelés des bras, des seins, une tête. Les

colonnes-idoles d'Espagne sont en os longs d'animaux ; avec leur élargissement naturel à la base, leur forme et leur dimension, elles reproduisent exactement l'aspect de celles de Chypre : naturellement ils ne sont pas modelés ; au lieu de cela ils sont peints. La différence entre les deux séries vient surtout de la nature de la substance employée, et c'est peut-être pour cela que l'anthropomorphisme, à peine pressenti sur l'os, est si accusé sur les statuettes d'argile. A ce propos, on peut en Espagne même comparer de petites colonnes coniques en albâtre, coiffées d'un chapeau ou chapiteau, ornées de seins en relief à d'autres idoles du même groupe et qui sont, comme celles décrites ci-dessus, en os d'animaux : mais ce sont des phalanges courtes ; comme les os longs, au lieu d'être modelées ou sculptées, elles sont parfois peintes.

Les idoles plates de Chypre sont encore en terre cuite ; celles de la Péninsule en schiste ; les unes et les autres, couvertes de gravures. Je signalerai comme tout à fait extraordinaire la ressemblance d'une plaque chypriote du Louvre avec celle de Idanha a Nova (Portugal). Elles sont rectangulaires, mais un très fort épaulement en détache une partie plus étroite qui forme tête, ornée d'yeux, de nez, sans bouche, avec des lignes horizontales à sens mystérieux que je crois dérivées des bras du poulpe. Sur le buste, trois colliers ; de côté, des lignes servant de bras, et d'autres qu'on ne comprend pas. Sur la partie inférieure de la plaque portugaise il y a des jambes et des pieds : sur la chypriote rien qu'une ceinture de losanges ; mais une autre idole portugaise (d'Alcobaça), au lieu de jambes a une rangée de triangles, et la ceinture de losanges se retrouve sur la côte gravée d'Almizaraque (Espagne). De même les deux rangées de triangles qui ornent le cou de la terre cuite de Chypre, rentrent dans la catégorie des triangles habituels des plaques turdétanes.

Puisque nous en sommes aux analogies entre Chypre et le Sud de l'Espagne, je ne passerai pas sans signaler

celle qui résulte de l'emploi si général du cuivre pur : quelle que soit la cause de ce fait, il constitue un rapprochement réel.

Puisque la Phénicie reste muette sur la civilisation des Phéniciens préhistoriques, tâchons de reconstituer quelques-uns de ses traits par l'étude comparée de la Turdétanie et de Chypre.

Si réellement cette île n'a pas été sous la dépendance des Phéniciens, il y a eu cependant des relations très étroites entre les deux pays. Si la peinture céramique chypriote vers les XVIe à XIIe siècles n'est pas phénicienne, on doit admettre que la peinture phénicienne contemporaine s'est formée à la même école que celle de Chypre, sinon à Chypre même. Je ne vois pas d'autre moyen d'expliquer la présence d'un style chypriote si pur et si caractérisé dans la colonie phénicienne de Tarshis. Nous sommes ainsi amenés à une première conséquence : les Phéniciens préhistoriques connaissaient la peinture céramique. La très grande finesse d'exécution des peintures sur os d'Almizaraque prouve qu'ils maniaient habilement le pinceau ; mais le caractère rudimentaire et le style primitif des peintures sur vase d'Espagne, la proportion plus forte de vases gravés, même parmi ceux qui reproduisent des symboles venus d'Orient, semblent nous prévenir que dans l'application de la peinture à la décoration de la céramique, ils étaient moins avancés, et cela explique qu'on leur ait attribué l'ignorance complète de cette technique. D'ailleurs toute la céramique turdétane est très inférieure à la chypriote, et si j'ai signalé plus haut des analogies qui impliquent une influence de l'une sur l'autre, les produits de l'Ouest restent cependant plus grossiers. Cela peut provenir de la prépondérance de l'élément turdétan indigène, ou du retard naturel de la colonie sur la métropole ; mais il se pourrait aussi qu'il

faille remonter plus haut et admettre qu'en céramique les Phéniciens étaient plus arriérés que les Chypriotes.

Par l'examen des récipients à parfums et de divers objets en ivoire, nous voyons qu'ils avaient déjà le goût de l'ornementation par le greneté, procédé qu'ils ont tant affectionné et appliqué aux vases en métal durant la période historique.

La simplicité des ornements d'un peigne en ivoire et d'un vase en forme d'œuf d'autruche, montre un art débutant ; mais ici encore on trouve déjà des motifs que les Carthaginois reproduisirent dix siècles plus tard.

L'absence de perles en verre, la rareté et la grossièreté des minuscules grains de terre émaillée témoignent dans le même sens : les Phéniciens n'étaient pas encore maîtres de ces industries, qui plus tard leur rapportèrent de si gros bénéfices.

Pour les idoles plates et en forme de colonne, il y a tant de points communs entre les séries turdétane et chypriote, qu'on n'a aucune peine à se figurer ce que pouvaient être les phéniciennes qui leur auraient servi de trait d'union.

Le poulpe nous conduit à Mycènes plutôt qu'à Chypre ; mais la variante des bras qui en fait un véritable poulpe ailé, semble un acheminement vers les dieux ailés asiatiques ; chez les Phéniciens cela ne doit pas nous surprendre.

Les statuettes féminines à grand triangle, le double triangle ou hache bipenne, se trouvent également dans leur milieu naturel.

En architecture, nous avons vu copier les œuvres des Mycéniens.

Les Phéniciens préhistoriques, comme leurs colons et comme les Mycéniens, faisaient usage d'outils et d'armes de pierre. Il est rationnel de leur attribuer l'introduction en Espagne du type mycénien de pointes de flèche à base

très creusée, puisque cette forme est, dans la Péninsule, localisée dans la région soumise à leur influence.

Ils connaissaient le bronze, mais l'étain étant rare, il est fort possible qu'ils aient surtout employé le cuivre pur, comme les Chypriotes et les Turdétans.

Leur commerce était varié : nous avons vu quelques-uns de ses articles : parfums, cosmétiques, fards, œufs d'autruche, ivoire, perles émaillées ; puisqu'ils ont connu l'ambre, le jais, la callaïs, ils ont dû intervenir dans leur colportage ; bien d'autres substances n'ont pas laissé de traces. De la Turdétanie ils tiraient des produits très variés : les mêmes que Rome en exporta plus tard. Aux deux époques, l'argent a joué le rôle principal. Les Phéniciens l'emportaient sous forme de plomb et de cuivre riches ou de minerais, et en extrayaient l'argent chez eux. Les découvertes d'Hissarlik montrent la grande antiquité du travail des métaux précieux, compatible avec une civilisation qui ignore les métaux usuels, cuivre et bronze. On peut affirmer que les Phéniciens préhistoriques transformaient en vases, ornements et bijoux, l'or et l'argent qui sortaient de leurs navires et de leurs fourneaux.

Le commerce et le travail de l'argent furent la cause principale de l'influence qu'ils acquirent dans l'histoire des peuples méditerranéens.

Après avoir montré le rôle important que les Phéniciens ont joué dans l'histoire d'Espagne pendant la dernière phase du Néolithique, il convient de rappeler que les relations que j'ai constatées entre le bassin égéen et l'Espagne sont bien plus anciennes que les navigations des Phéniciens. Ceux-ci n'ont fait que suivre le chemin ouvert par d'autres peuples. Cela reste toujours d'accord avec les souvenirs que la tradition a conservés. Bien avant qu'on n'eût songé à remuer le sol, les historiens ont longuement discuté tout ce qui a rapport à ces anciennes expéditions : les discussions ont surtout porté sur la réalité des données qu'Homère a prises comme

base de ses poèmes ; commencées il y a deux mille ans, elles durent encore. Strabon surtout a défendu Homère contre les attaques dont il a été l'objet, et cherché à démontrer l'existence d'anciennes migrations de peuples de race hellène en Espagne. Il invoque le témoignage de divers auteurs, tels qu'Asclépiade de Myrlée qui a habité la Turdétanie, et dans le récit d'un voyage, parle entre autres de la ville d'Ulysse, Odissea, avec un temple de Minerve où se trouvaient fixés des boucliers et des éperons de navire en mémoire des erreurs du héros. Cette ville était située au-dessus d'Abdera, dans la montagne, donc, comme Millares, sur le versant maritime de la chaîne bétique, et d'ailleurs pas très loin de notre ville préhistorique ; d'autres noms de villes, des coutumes grecques observées en Lusitanie et diverses circonstances fournissent des arguments du même genre.

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces données et de l'époque à laquelle elles se rapportent, Homère a dû mettre à profit les traditions au sujet des expéditions en Espagne plus anciennes que celles des Phéniciens. Ces traditions formaient le fonds de l'histoire, et il ne paraît pas nécessaire de recourir à un périple phénicien pour expliquer l'*Odyssée ;* ce serait, semble-t-il, enlever au récit beaucoup de son caractère national : le poète n'avait pas à mendier les données de son œuvre aux Phéniciens. M. Victor Bérard attribue cependant un rôle prépondérant aux Phéniciens, comme source de renseignements ; son livre, dit-il, est le développement d'une phrase de Strabon « οἱ γὰρ Φοίνικες ἐδήλουν τοῦτο » : les Phéniciens faisaient connaître ces choses, et d'une autre semblable. Mais si on laisse ces phrases là où Strabon les a mises, on voit que les renseignements dont il s'agit, se rapportent exclusivement aux conditions de climat et de richesse de la Turdétanie, dont les Phéniciens étaient maîtres. Strabon dit, en effet, clairement qu'Homère était au courant de l'expédition d'Hercule, la plus ancienne, et de celles des

Phéniciens qui vinrent ensuite. Comme me le fait remarquer M. J. Mansion, professeur à l'Université de Liége, la différence de temps entre ἱστορηκώς, mis au courant, instruit par une tradition antérieure, et πυνθανόμενος, apprenant, montre que, pour Strabon, Homère apprend la richesse de l'Ibérie par les Phéniciens ses contemporains (soit par ce qu'ils en disaient, soit par leur commerce et les produits rapportés), tandis que les expéditions d'Hercule et autres lui sont connues par l'histoire elle-même.

Au point de vue historique, la valeur de l'*Odyssée* n'en est que plus grande, et à notre point de vue, nous verrons là un argument de plus pour montrer que les Phéniciens ont été précédés en Occident par des peuples du bassin égéen.

(*A suivre*) LOUIS SIRET.

VARIÉTÉS

I

TAIF

LA CITÉ ALPESTRE DU HIDJAZ, AU Ier SIÈCLE DE L'ISLAM

Étude de géographie arabe ancienne (1)

I

A une forte journée au sud-est de la Mecque (2), sur le rebord oriental du plateau pittoresquement vallonné que forme vers son milieu la longue chaîne courant parallèlement à la mer Rouge, s'élève, adossée au mont Ghazwân, la ville de Tâif (3), la

(1) Leçon professée à la Faculté orientale de l'Université de Beyrouth, en 1905. Nous nous sommes contenté d'y ajouter quelques références nouvelles. En l'absence de caractères ponctués, nous avons adopté pour les noms arabes une transcription suffisamment claire plutôt que rigoureusement conséquente (Ainsi : Hadjâdj, sans redoublement du djim). Nos confrères orientalistes voudront bien nous en tenir compte.

(2) On indique généralement une évaluation plus élevée : nous obtenons la nôtre en combinant surtout *Aghâni* I, 155,3 (position du 'Ardj) et 156, en bas (: de 'Ardj on se rend à Tâif pour la prière du vendredi). Maqdisi place deux ou même trois " *marhala* " entre la Mecque et Tâif (112,3 etc.) : pour la dimension des marhala de ce géographe, voir 106, 11 etc. Ibn Rosteh, 184 néglige de noter ici les distances. Ya'qoûbi *Geograph.* 316,9 parle de deux marhala. Les indications de Istakhri sont tout à fait défectueuses (19,9 11), sans atteindre pourtant l'erreur de Qalqachandi I 207 (édit. d'Égypte) lequel place Tâif au N. E. de la Mecque. Les relations incessantes entre les deux cités s'opposent également à l'hypothèse d'une grande distance.

(3) Hamdâni. *Djazîrat al-'Arab*, 120-121 : notice de Yâqoût III, 495 etc...; nous y renverrons constamment. Maqdisi 79,9. Margoliouth, *Mohammed*,

patrie des hommes d'État Omaiyades (1) et centre urbain de la puissante tribu de Thaqîf (2). La légende rattache les Thaqafites aux antiques races de 'Ad et de Thamoûd, exterminées par Allah (3). Nous aurons à discuter la valeur de cette donnée, outrageusement défigurée par la tendance et la réaction anti-omaiyades. Quoi qu'il en faille penser, la vive intelligence des Thaqafites (4) leur assigne un rang à part parmi les populations de l'Arabie.

La religion chrétienne n'était guère représentée à Tâif que par des esclaves chrétiens tels que celui rencontré par Mahomet, dans sa première excursion propagandiste à Tâif. On aimerait à supposer l'existence d'une colonie de chrétiens Nadjrânites en cette ville, située sur la route de Nadjrân, et en relations constantes d'affaires avec elle. Le silence de nos documents ne nous permet de rien affirmer. A quelle confession appartenaient les esclaves " grecs „ de Tâif (5) dont parle la légende musulmane, comme al-Azraq (6) et 'Obaid, père putatif de Ziâd? Nous l'ignorons ; ils finirent par embrasser l'islam. Le christianisme du célèbre Omaiya ibn abi Salt (7) nous paraît de moins en moins vraisemblable (8). En décrivant les délices du Paradis, un poète chrétien, même hétérodoxe, n'aurait jamais pensé à y introduire des " houris „ (9), comme le fait Omaiya.

Au début de l'Islam, Tâif (10) était incontestablement, après la

402-403, a une bonne description de Tâîf. On trouve aussi quelques traits dans la monographie consacrée par M. Périer à Hadjâdj.

(1) Nommons Moghîra ibn Cho'ba, Ziâd, Hadjâdj, etc.

(2) Celle-ci faisait à son tour partie du groupement de tribus compris sous le nom de " Hawâzin „. Le relatif ou ethnique (en arabe *nisbat*) de Thaqîf est " Thaqafi „ d'où Thaqafite, employé par nous.

(3) *Kâmil* de Mobarrad 266 ; *Ag.* IV 74.

(4) D'où le terme " Thaqîf „ homme très intelligent. Voir les lexiques.

(5) Plus vraisemblablement des syro-mésopotamiens. Les arabes à cette époque donnaient volontiers le nom de " *Roum* „ à leurs voisins septentrionaux relevant de Byzance. Comp. *Tabaq.* III[1] 176,20.

(6) Ibn Sa'd. *Tabaqât* (= Tabaq) III[1] 177.

(7) On peut maintenant sur Omaiya consulter l'étude de Fr. Schulthess dans Orientalische Studien (hommage à Nöldeke) I, 71. Sa mémoire était très vénérée à Tâif (Ibn-Doraid. *Ichtiqâq*). Cela permet de conclure à l'existence d'un petit groupe de " *hanîf* „ en cette ville. Cfr Schulthess, op. cit. 86-87.

(8) L'épisode de la prédication de Mahomet à Tâif nous montre la population favorablement disposée pour le christianisme.

(9) Cfr Journal Asiat. 1904[2] 135, 160.

(10) La tribu de Thaqîf occupe encore le territoire de Tâif. Burckhardt (*Voyages en Arabie*, I, 113 ; Paris, 1835) la trouva presque détruite, depuis

Mecque, la première ville du Hidjâz, peut-être même de l'Arabie. L'expression qoranique " *al-qariatân* „ (1) englobant les deux cités, suffirait à le prouver. L'art de la construction y avait atteint un plus grand développement qu'à la Mecque (2). On y admirait de hautes demeures, massives comme des forteresses, et à ce titre qualifiées de " *hosn* „ et de " *otom* „ (3). La ville des Thaqafites avait en outre sur la cité de Qoraich l'avantage de posséder une enceinte fortifiée ; celle-ci était garnie de machines de guerre, habilement maniées par les habitants, comme le prophète en fit l'expérience après la journée de Honain (4). Cette importance, Tâif la devait à sa situation très spéciale, ne rappelant en rien celle des agglomérations urbaines de la Péninsule, au sein des hautes montagnes, au milieu d'eaux courantes (5), s'écoulant dans la direction du Nadjd, et du Yémen (6).

Les eaux, la pureté de l'air (7), la fraîcheur de la température (8), s'abaissant parfois au-dessous de zéro, y développaient la plus luxuriante végétation. Des champs de céréales (9), des

le passage des Wahhabites. Ces sectaires y auraient massacré 15 000 habitants, musulmans et juifs. La présence de ces derniers en plein Hidjâz est à retenir. Cfr Ed. Driault, *La politique orientale de Napoléon I*, 43.

(1) *Qoran*, XLII 30 ; *Kâmil*, 291 ; Balâdhori, 34. Farazdaq. Cfr J. Hell dans Z. D. M. G. 1905. 602, vers 2 ; le poète se vante de compter parmi ses parents (*'Achîra*) les " habitants des deux cités „ (*qariatân*).

(2) Où pour les constructions soignées on doit recourir aux étrangers. *Ag.* I 98,4 ; III, 84 ; 86 ; reconstruction de la Ka'ba, sous ibn Zobair ; ibn al-Faqîh 196, 14. Comp. dicton attribué à Mahomet : " Le plus mauvais emploi de l'argent pour un musulman, c'est de construire. „ *Tabaq.* VIII 120,1.

(3) *Ag.* XII 45, 49. Wüstenfeld, *Chroniken der Stadt Mekka*, II, 76, rappelant probablement le style des maisons de San'a dans le Yémen ; voir illustrations dans l'ouvrage de Hogarth, p. 198.

(4) Balâdhori 55.

(5) Yâqoût III 495-96. Cf. Hogarth, *The penetration of Arabia*, 1905. Dans la carte adjointe, on indique 6168 pieds, comme hauteur de Tâif. L'altitude de la Mecque serait de 1970 pieds, le mont Ghazwân atteindrait environ 9000 pieds.

(6) Hamdâni 121,4 ; Yâqoût III 496,1 ; *Khamîs* II, 30. Un autre wâdi au moins s'ouvrait dans la direction du Hidjâz et de Médine. Balâdhori, 13, 7-9 ; Samhoûdi (texte allemand de Wüstenfeld), 154.

(7) *'Iqd* III 356 ; Maqdisi, 79. Excepté pourtant dans le voisinage des tanneries ; il en sera question plus bas.

(8) *Kâmil* 115 ; Maqdisi 79,7 ; *'Iqd* III, 342, 7 a. d. l.

(9) Yâqoût III 495. Le froment constituait la base de l'alimentation des gens de Tâif au lieu du lait et des dattes, nourriture ordinaire des

forêts couvraient les collines et les vallées environnantes où abondait le gibier (1). Dans les jardins, soigneusement enclos de murs (2), on retrouvait outre les palmeraies du Hidjâz (3) et les représentants ordinaires de la maigre flore arabique, des productions végétales et des fruits de la Syrie : les raisins, les bananes, les figues, les pêches, les grenades, les melons (4) ; produits appréciés, et exportés dans le reste du Hidjâz (5). Les vignobles de Tâif produisaient du vin (6) en telle quantité qu'on disait proverbialement : importer du vin chez les Thaqafites (7); au lieu de : porter de l'eau à la rivière. Ils produisaient en outre une variété de " *zabîb* „, sorte de raisin de Corinthe, célèbre dans toute la péninsule et jusque sur les marchés de la Babylonie et de la Syrie (8), pourtant pays de vignobles. Les étrangers passant par Tâif à la fin des vendanges, s'extasiaient devant l'étendue des aires ou " *bayâdir* „, noires comme les " *harra* „ (9), et servant à la préparation du raisin sec (10). Avec les chrétiens et les juifs (11), les Thaqafites étaient les

Arabes. *Ag.* XII 48-49. Le pain était une rareté chez certains nomades, on l'offrait aux hôtes de distinction. *'Iqd*, I 211,9 ; *Ag.* IV 103, 1-4 ; Lammens, *Un poète royal à la cour des Omiades*, 40.

(1) *Ag.* VII 145. Certaines parties de la banlieue étaient territoire sacré, où la chasse demeurait interdite. Voir *'Iqd* I 135 ; Wellhausen, *Reste arab. Heidenthum* 50, etc. Wüstenfeld, *Chroniken der Stadt Mekka* II 48, 75.

(2) Pour ce motif, comme dans le reste du Hidjâz, ils s'appelaient " *hâit* „ pl. " *hîtân* „. Balâdhori 58. Tabari I 1200, 16 ; 1671,9.

(3) Yâqoût III 495.

(4) *Djamhara* 106, 29 ; Balâdhori 56-58 ; Maqdisi 79 ; *Khamîs* II, 209 ; Yâqoût, loc. cit. Ibn Batoûta, I 304-5. L'énumération de ces fruits reparaît dans la description du paradis d'Omaiya ibn abi Salt ; on y retrouve jusqu'au blé et au miel. J. A. 1904[2] 160.

(5) *Ag.* I, 84, 14.

(6) *Khamîs* II, 137, 2. Balâdhori, 56.

(7) Ibn Qotaiba, *Poesis* (ed. de Goeje) 416, 6. Aussi le plus original des poètes bachiques depuis l'Islam, le joyeux abou-Mikdjan, est-il originaire de Tâif.

(8) *Ag.* XIII 34. Comme le montre ce texte, dans Baihaqi, 107, 13 ; Djâhiz *Mahâsin* 165, 10 à la leçon " *zait* „ huile, il faut préférer " *zabîb* „, comme objet du commerce spécial d'aboû Sofiân à la Mecque. On avait transplanté jusque dans le Khorasân la vigne produisant le zabîb de Tâif. Maqdisi, 324, 4.

(9) Terrains volcaniques, couverts de blocs de basalte, très fréquents en Arabie.

(10) Yâqoût III 499, 14. Ibn al-Faqîh 22, 14 etc.

(11) Lammens, *Poète royal*, 41. Djâhiz, *Opuscula*, 63. *Ag.* VIII, 81, 2, 9. XII, 151 ; 155.

cabaretiers ordinaires des villes du Hidjâz. Pour faire cesser leur odieuse industrie, le calife 'Omar ne trouva pas de moyen plus expéditif que de faire mettre le feu à leurs tavernes de Médine (1). De sa vigne de Tâif, 'Abâs, l'oncle du prophète, tirait le raisiné, servant, pendant la saison du pèlerinage, à corriger le goût saumâtre (2) de l'eau de Zamzam (3). La tradition l'affirme du moins. Mais avec le caractère de l'usurier (4) que fut toujours l'ancêtre des 'Abbassides, rien ne nous force à admettre le désintéressement de cette opération.

A Tâif, l'apiculture (5) était également l'objet de soins spéciaux, favorisés par l'extension des vergers. Bref, le territoire de Tâif était un coin de la Syrie transporté sous le ciel inclément du Hidjâz (6). La toute-puissante intercession du patriarche Abraham — ainsi le voulait la légende — avait obtenu ce prodige en faveur des habitants de la Mecque, cette vallée stérile et sans eau, où le regard ne trouvait pas à se reposer (7). Aussi conçoit-on l'attraction exercée par ce site privilégié sur les riches marchands de Qoraich. Malgré les faveurs spirituelles promises aux Mecquois assez courageux pour affronter les ardeurs de leur été (8), lorsque les caprices du calendrier musulman faisaient coïncider le jeûne du Ramadan avec la période de la canicule, il était de mode de se transporter sur les hauteurs du mont Ghazwân. Ainsi fit le pieux calife 'Omar II (9), et le non moins orthodoxe grammairien Asma'i, lequel, à cette

(1) *Tabaq.* III[1] 202 ; V 40.

(2) Sur cette particularité cfr Azraqi 294 ; 340 ; Maqdisi 101, 5.

(3) Azraqi 70. Comp. Balâdhori 56.

(4) Le prophète dut porter une interdiction spéciale contre les opérations usuraires de son oncle. *'Iqd* II 159, 8 a. d. l. Pour l'usure à la Mecque, cfr ibn Hadjâr, II 396. 6 ; Azraqi, 351 ; 365, 5.

(5) Balâdhori, 57 ; Baihaqi 516, 12.

(6) Ibn al-Faqîh 17, l. 19. Azraqi 41 ; Maqdisi 79, 7.

(7) Ibn al-Faqîh 17, 16. Djâhiz, *Tria opuscula*, 61, 3-4. Yâqoût, III, 496. Les dattes elles-mêmes étaient une rareté à la Mecque. *Ag.* IV 42, 10. Istakhri, 17, 5. etc., a. d. l. signale quelques palmiers et pas un arbre fruitier dans toute l'étendue du territoire sacré de la Mecque. Une grappe de raisins, trouvée après la bataille de Ohod entre les mains d'un prisonnier médinois, fait crier au miracle. *Ag.* IV 42, 11. *Tabaq.* VIII, 221, 10.

(8) Ibn al-Faqîh 17, 15. Azraqi 267, 1. Avant les travaux de Mo'âwia, la ville manquait d'eau en été. Azraqi, 439. La source de Zamzam était intermittente. *Ibid.* 300. Voir aussi *Chroniken der Stadt Mekka*, II, 33, 2.

(9) Azraqi 364.

occasion, confère à la cité des Thaqafites l'épithète de bénie (1).

Tâif était devenue (2), et est demeurée depuis (3) la villégiature favorite des Mecquois (4). Avant comme après l'Islam, l'idéal d'une vie heureuse au Hidjâz était de passer l'hiver à la Mecque (5), le printemps à Médine (6) et l'été à Tâif (7). Beaucoup de notables musulmans, venant achever leur carrière orageuse dans les villes saintes du Hidjâz, possédaient, comme ibn-'Abbâs, l'ancêtre vénéré des califes de Bagdad, comme 'Ali, fils de Hosain (8), comme la fameuse 'Aicha bint-Talha, nièce de la favorite du prophète, une luxueuse villa à Tâif, où ils se réfugiaient pendant la saison chaude (9).

II

Au point de vue économique, la position de Tâif n'était pas moins heureuse et presque aussi centrale que celle de la Mecque. Sise en plein Hidjâz, voisine du Yémen, à proximité de la grande foire de 'Okâz (10), une localité thaqafite (11) dans une région fréquentée par les nomades de Qoda'a et de Modar (12),

(1) *Kâmil* 115, 10. Il ne croyait donc pas aux récits tendancieux, mis en circulation, vers cette époque, par la réaction anti-omaiyade. Pourtant Asma'i n'aimait pas les Omaiyades; il étendait cette aversion jusqu'à leurs poètes. Cfr *Poète royal*. 8.

(2) Maqdisi 79, 10.

(3) Les chérifs de la Mecque ont leur campagne à Tâif.

(4) Pendant la révolte de Médine sous Yazîd I, les harems de l'Omaiyade Marwân et de 'Ali, fils de Hosain, s'y réfugient. *Ag.* I 13; Tabari II, 409; Ibn al-Athir IV, 49.

(5) Ou plus exactement au Tihâma, c.-à-d. sur les bords de la mer Rouge : Azraqi 79, d. l.

(6) Ou mieux dans la plantureuse vallée du 'Aqîq, le bois de Boulogne de Médine. Cfr *Ag.* III 173; VII 125; XII 169, 173; XVI 93; XIX 56.

(7) Yâqoût III 500, 16. Djâhiz, *Opuscula*, 62, 21. Maqdisi 95, 17. Azraqi 79, d. l. Corrigez en ce sens le texte de Djâhiz traduit dans Margoliouth, *Mohammed*, 6.

(8) Tabari II, 410.

(9) *Ag.* X 61, 2; même cas pour Sokaina, petite-fille de 'Ali; *Ag.* XVIII 93, 22, une princesse omaiyade a passé l'été à Tâif. *Ag.* I 85, 13. Ainsi font la plupart des Mecquois propriétaires fonciers à Tâif; nous les citerons plus loin.

(10) A tort considérée comme exclusivement qoraichite.

(11) Située à un " *barîd* " de Tâif. Azraqi 131, 13-14. Pour les relations fréquentes de Tâif avec le Yémen, on peut voir Fr. Schulthess, *Umaiya ibn abî's Salt*, dans Orientalische Studien (hommage à Nöldeke) I, 87.

(12) Yâqoût III 498, 8 etc.

centre de l'importante confédération bédouine de Hawâzin (1), Tâif était traversée (2) par la grande route commerciale allant du sud de l'Arabie dans la direction de la Mecque et de la Syrie (3). Par les vallées ouvertes dans la façade orientale de son plateau, la ville communiquait avec le Madjd et la Babylonie. Cette heureuse situation, Tâif avait su la tourner à l'avantage de son commerce, très développé sans pouvoir toutefois rivaliser avec celui de la Mecque (4). Elle y serait peut-être parvenue en dépit de son éloignement de la mer et des marchés syriens, si, comme la Mecque, elle avait possédé une aristocratie marchande assez unie pour étouffer les divisions particulières dans l'intérêt du commerce et de la cité (5). Aux notables de Tâif il manquait le sentiment de la solidarité, reliant entre eux les Qoraichites (6). Le plus considéré des Thaqafites au moment de la prédication de Mahomet, aurait porté le titre fastueux de " *'azîm al-qariatain* „ (7) ou " premier des deux cités „ (8) ; mais il ne paraît pas avoir incarné le talent politique d'un aboû Sofiân. Deux grands partis divisaient la cité : celui des " Ahlâf „ et celui des " banoû Mâlik „ (9). Ces dissensions nuisirent au développement économique de Tâif.

La cité possédait un sanctuaire renommé, avec un trésor et une caste sacerdotale (10) ; et, en Arabie, comme on le voit par l'exemple de la Ka'ba, les sanctuaires servaient généralement de centres à des foires. Or, dans les villes à sanctuaires, le commerce

(1) Rappelons la bataille de Honain et le siège de Tâif par Mahomet. Cfr Sprenger, *Mohammad* III 323, etc. Hadjâj est appelé " *saiyd* de Hawazin „. *Ag.* XI 60, 4 a. d. l. ; 61, 1. Avant la bataille du Chameau, sur l'invitation de Moghîra, tous les Hawâzins se retirent du camp de 'Aicha. *Tabaq.* V, 23. Sur les relations entre Hawâzin et Thaqîf, voir aussi Mas'oudi V, 64-65.

(2) Cfr Grimme, *Mohammed*, cartes des routes de l'Arabie.

(3) Cfr Balâdhori 36, 10. Ya'qoubi II 232, 2 ; *Ag.* II 155, 3.

(4) Cfr une remarque de Nöldeke dans Z. D. M. G., 1886, p. 185.

(5) Les épisodes qui suivirent le siège de Tâif par Mahomet et précédèrent l'adhésion à l'Islam montrent la cité travaillée par des luttes intestines.

(6) Cfr Nöldeke dans Z. D. M. G., 1886, p. 177.

(7) Comp. *Qoran* XLIII 30, et commentaire de Baidawi sur ce passage. Ibn Doraid, *Ichtiqâq* 185-86 ; *'Iqd* I 94 ; II 63 ; *Ag.* XI 61-2 ; XII 45. On n'est pas d'accord sur le nom du titulaire, mais il était certainement thaqafite.

(8) Tâif et la Mecque.

(9) *Ag.* IV 74 ; *Osd al-Ghâba* IV 187 ; *Tabaq.* V 369, 20 ; 373, 10.

(10) Wellhausen, *Reste* 30 etc.

d'abord, puis le plaisir, avaient fini par reléguer à l'arrière-plan les préoccupations religieuses (1). Tâif ne faisait pas exception à la loi générale. Les étrangers y fréquentaient surtout le marché, puis le quartier spécial dont Mas'oûdî (2) a conservé le nom caractéristique. Aussi Mahomet recommande-t-il aux missionnaires détachés par lui à Tâif, d'alléger pour les habitants le précepte onéreux de la prière (3). Cela n'empêche pas d'admettre avec la tradition (4) qu'au moment de la mort du prophète, l'ensemble de la population avait officiellement adopté la foi nouvelle.

La ville ne vivait pas exclusivement du transit, comme celle de Qoraich, mais elle pouvait alimenter un commerce d'exportation (5), au moyen des produits de son industrie et de son agriculture (6). Ces derniers nous sont déjà connus. Pour l'industrie il faut mentionner d'importantes tanneries établies sur les nombreux cours d'eau qui arrosaient les vallées environnantes (7). Tel était le nombre de ces établissements que l'air de ces quartiers s'en trouvait empesté au point, disait-on, de les faire déserter par les oiseaux (8).

Aussi rencontrons-nous les Thaqafites sur toutes les routes de l'Arabie (9), fréquemment engagés dans des spéculations commerciales en commun avec les Qoraichites et en voyage d'affaires avec ces derniers (10). Le cycle de légendes formé autour de la mémoire du célèbre Omaiya ibn abi Salt nous a gardé le souvenir de ces relations pacifiques, si rares entre voisins dans l'Arabie ancienne et moderne. C'était avant tout le commerce — nous pouvons le supposer — qui avait attiré à Tâif une colonie juive (11) ; le commerce également servait de trait d'union entre

(1) *Reste*, 216.

(2) *Prairies d'or*, V 22. Rappelons l'épisode d'aboû Sofiân, et de Somaiya.

(3) *Tabaq.* V 372-73.

(4) Ibn Hadjâr II nº 8443; III 7, 18, 31. Notez la sollicitude de la tradition à enregistrer l'adhésion des Thaqafites à la foi nouvelle.

(5) Jusqu'au début du régime omaiyade le gouvernement de Tâif est toujours signalé parmi les plus importants de l'empire. Avec le transfert de la capitale à Damas, Tâif souffrit de la décadence générale qui atteignit le Hidjâz, où seules les villes saintes gardent de l'importance.

(6) De là l'expression fréquente dans l'*Aghâni* : aller faire le commerce à Tâif. Cfr *Ag.* XIX 57.

(7) Hamdâni 120, 22 ; Yâqoût III 496.

(8) Yâqoût loc. cit. On exporte les souliers fabriqués à Tâif. *'Iqd* I 68, 7.

(9) *Khamîs* II 136, 2 ; *Ag.* : XII 46, 23 ; 48, 5 ; XIV 140, 12.

(10) *Ag.* III 187-88 ; XII 48, 9 ; ibn Hichâm 531.

(11) Balâdhori 56. Même explication pour la colonie juive de Nadjrân.

les deux grandes cités, " *Qariatân* „ du Hidjâz (1), et fournissait l'occasion d'échanges constants entre leur population. Dans les rapports de Tâif et de la Mecque, on ne retrouve pas la situation tendue qui, avant comme après l'islam, sépare les Qoraïchites d'avec les Médinois. Aussi, au début de sa mission, Mahomet, repoussé par ses concitoyens, décide-t-il de se rendre, non à Médine, mais à Tâif (2). Les Mecquois traversent incessamment Tâif ou y résident dans l'intérêt de leur commerce (3). Ils avaient fini par y former une colonie ; et nos auteurs (4) parlent couramment des Qoraïchites de Tâif. De leur côté, de nombreux Thaqafites élisent domicile à la Mecque, et se rattachent en qualité de halîf (5) à des familles mecquoises (6). A la bataille de Ohad un contingent de cent Thaqafites combat dans les rangs Qoraïchites (7) et le poète Omaiya ibn abi Salt, lui-même fils d'une qoraïchite (8), consacre une élégie à la mémoire des Mecquois tombés à Badr.

Comme l'affirme Balâdhori (9), la plupart des Mecquois possédaient des maisons ou des propriétés à Tâif ou dans les environs ; domaines que ces habiles marchands s'entendaient merveilleusement à mettre en valeur (10). Aboû Sofiân récoltait dans ses clos de Tâif le *zabîb* qui, avec le cuir, alimentait son commerce spécial de la Mecque (11). Le célèbre Mecquois abou Ohaiha (12) meurt dans sa propriété de Tâif (13). Presque tous (14)

(1) Cfr *Ag.* XIII 34, ad fin., la réponse de Mo'âwia à sa sœur mariée à Tâif. Cette fille d'aboû Sofiân est mentionnée dans Bohâri III 468.

(2) Cfr Tab. I 1199 etc.

(3) Cfr Balâdhori, *fî tidjara* 3471, 12; Tab. I 1573, 3. Rappelons l'histoire d'abou Sofiân et de Somaya.

(4) Par ex. Tab. I 1185, 15.

(5) Allié.

(6) Curieux exemple dans *Tabaq.* III[1] 176, 20-25. Un de ces *halîf* finit par devenir le principal personnage de la famille mecquoise, qui l'a accueilli. *Chroniken Mekka* II 143, 2.

(7) Wâqidi 202, 3 (éd. Kremer).

(8) Ibn Qotaiba, *Poesis* 279 ; ou mieux d'une femme Omaiyade. *Ag.* III 183. Voir maintenant Fr. Schulthess, op. cit. I 72.

(9) 56, 13 ; *Ag.* VII 145 ; II 88, 6 ; 154, 6, etc.

(10) Balâdhori, 56, 13 etc.

(11) Ibn Rosteh 215, 9 ; Wâqidi 330 ; *Ag.* XIII 34, ad fin.

(12) Wüstenfeld, *Register* 356.

(13) Tab. I 1261.

(14) Propriétés à Tâif des familles Omaiyades de 'Abdallah ibn 'Amîr, et de Sa'îd ibn al-'Asi ; *Osd al-Ghâba* IV 108, 8 ; *'Iqd* II 154, 9 ; 229.

les Omaiyades étaient propriétaires à Tâif : aboû Sofiân (1), le calife 'Othmân (2) et aussi 'Abbâs, l'oncle du prophète (3). Par des achats faits aux Juifs de Tâif (4) le calife Mo'âwia arrondit encore les propriétés (5) héritées d'Aboû Sofiân. Une vallée voisine de Tâif était habitée par les descendants des Omaiyades (6). Nous retrouvons aussi des descendants de 'Amrou ibn al-'Âsi fixés à Tâif (7). Le clos de ce dernier renfermait une vigne en berceau supportée par mille étais (8). Ibn 'Abbâs y passera les dernières années de sa vie. Comme le fut l'île de Rhodes sous la dynastie ottomane, la région de Tâif était devenue l'exil des grands personnages de Qoraich. Le cadre frais et verdoyant, formé par les forêts et les vallons du mont Ghazwân devait leur faire trouver moins amer leur éloignement de la Mecque (9).

Entre Thaqafites et Qoraichites les alliances matrimoniales étaient fréquentes (10). Dans son essai de propagande à Tâif, Mahomet s'en souviendra pour se mettre sous la protection des Mecquoises, mariées en cette ville. Parmi elles, on comptait deux filles d'aboû Sofiân (11). La mère et la femme du célèbre saiyd thaqafite Ghailân étaient omaiyades (12). Mahomet lui-même accorda la main d'une de ses filles à un habitant de Tâif (13), comme avaient fait aboû Tâlib, l'oncle du prophète (14) et Omm

(1) *Morassa'* 234, 4 a. d. l. ; Yâqoût IV 369 ; Bakri 830.
Tab. I 1692, 1 ; *Khamîs* II 135, 4 a. d. l. ; *Ag.* XIII 34, ad fin.
(2) Tab. I 2834, 16 ; Balâdhori 362, 7 ; 'Othmân naquit à Tâif, *Khamîs* II 254.
(3) Balâdhori 56.
(4) Balâdhori 56. Propriétés à Tâif du calife Walîd II, *Ag.* VI 146, en bas.
(5) *'Iqd* II 154 ; Yâqoût III 500, 16. *Ag.* VII 145.
(6) Hamdâni 121, 3. Comp. dans *Ag.* I 153 etc..., la notice du 'Othmânide al-'Argi.
(7) Hamdâni 120, 25 ; *'Iqd* III 381, 8 ; Tabari, II 279, 11.
(8) Ibn al Faqîh 22, 9.
(9) 'Omar ibn abi Rabî'a est exilé à Tâif *Ag.* VIII 58. On le signale au calife Walîd I desireux de connaître cette ville *Ag.* II 145. Djarîd, exclu de la Mecque, s'établit à Tâif *Ag.* III 106 3 a. d. l. Autre exilé à Tâif *Ag.* XV 63, 8. Qui sait si les charmes de Tâif n'eussent pas empêché un troisième exilé de Médine, Rabî'a ibn Omaiya, de se faire chrétien ? *Ag.* XIII 112 ; ibn Hadjâr I 1085.
(10) Ibn Hichâm 219, 14 ; 293 ; 875. *Khamîs* I 420, 3 ; III 111, 3. Tab. I 1200, 5 ; 1573, 3 ; 1672, 10. *Ag.* XII 45, 13. *Tabaq.* VIII 34, 31 ; 217, 23.
(11) Tab. I 1672, 11 ; ibn Hichâm 873. *Tabaq.* VIII 175, 3.
(12) *Ag.* XII. 45. Le thaqafite 'Orwa ibn Mas'oud a aussi une mère mecquoise. *Tabaq.* V 369, 6.
(13) Caetani, *op. cit.* 421. Ya'qoubi II 42. La mère du calife Marwân était également de Tâif. *Ag.* XVI 91.
(14) *Tabaq.* VIII 33, 25.

Habîba, une de ses épouses (1). Les plus illustres musulmans : le calife 'Omar (2), 'Ali, le gendre du Prophète (3), le fils de 'Abbâs (4) s'allieront par des mariages aux familles de Tâif. Le célèbre Hadjâdj faisait sans doute allusion à des relations aussi intimes, quand il se vantait de descendre des nobles dames de Qoraich (5). Invité à composer un panégyrique en l'honneur d'un Omaiyade, le poète Farazdaq ne trouve rien de mieux que de réunir chez les ancêtres de son Mécène les gloires de Qoraich aux illustrations de Thaqîf (6).

Comme dans toutes les places commerçantes de l'Arabie (7), l'usure florissait à Tâif ; et elle n'était pas seulement pratiquée par les juifs ; témoin, les prescriptions édictées par Mahomet pour réglementer la conversion des Thaqafites à l'Islam (8). Ces derniers passaient avec raison pour les plus fins et les plus retors (9) des habitants de la Péninsule (10). De là au reproche de tout envahir, il n'y avait qu'un pas (11) ; et il fut formulé par les contemporains, témoins de la prodigieuse fortune d'un Ziâd et d'un aboû Bakra (12). Sur les trois " *dâhiat* „ célèbres du

(1) *Tabaq.* VIII 68, 7 ; elle établit à Tâif une fille issue de son premier mariage.

(2) Les négociations entamées par lui n'aboutirent pas. *'Iqd* II 58. Ses descendants épouseront des Thaqafites. *Tabaq.* VIII 346-47.

(3) *Khamîs* II 285 ; Tab. I 3472, 14.

(4) Mas'oûdi V 57. Les Omaiyades continueront à choisir des épouses à Tâif. Cfr Ibn Doraid, *Ichtiqâq* 49, 5 ; les Thaqafites sont les " *akhwâl* „ du pieux 'Omar II. *Tabaq.* V 250, 16.

(5) *'Iqd* II 153 ; compar. II 154, 10 a. d. l. *Ag.* XVI 39, 3 a. d. l. Le calife Wâlid II se vante également de descendre de Thaqîf. *Ag.* VI 103, 9 a. d. l.

(6) Une gratification de 10 000 dirhems fut la réponse à ce distique, *'Iqd* I 119, 11 : preuve qu'on l'avait goûté, et qu'on ignorait alors les bruits fâcheux répandus depuis sur l'origine de Thaqîf. Avant Farazdaq, un autre poète avait déjà loué une fille d'aboû Sofiân de sa parenté avec cette tribu. *Ag.* III 105, en bas. Comme les Iraqains eux-mêmes en conviennent, on ne peut reprocher à Hadjâdj son origine. *'Iqd* II 187, 2 a. d. l.

(7) Comp. références données plus haut.

(8) Balâdhori 56, 7 ; Yâqoût III 500 ; *Khamîs* II 137.

(9) Parce que, disait-on, ils se nourrissaient habituellement de pain de froment. *Ag.* XII 48-49 ; *'Iqd* I 211, 8.

(10) Comp. la réponse de 'Oyaina ibn Hosn (Tabari I 1674) un type, demeuré légendaire, de rusticité bédouine. *'Iqd* III 308, 6. Sa famille comptait parmi les plus illustres de l'Arabie. *Ag.* XVII 105 (ad finem).

(11) Djâhiz, *Avares* 169, 10.

(12) Ce dernier, un des plus grands propriétaires fonciers de Basra.

règne de Mo'âwia, deux (1) sont originaires de Tâif. La connaissance (2) de l'écriture (3) y était encore plus répandue qu'à la Mecque, grâce aux écoles qu'on y entretenait (4). Elles conservèrent leur réputation jusque sous la dynastie des 'Abbassides (5). Le plus ancien grammairien arabe connu est le thaqafite 'Isâ ibn 'Omar († 154/770) (6). C'est également à Tâif qu'on rencontrait les médecins les plus célèbres de l'ancienne Arabie (7). Les habitants se distinguaient de même dans la poésie, qualité rarement reconnue aux citadins de la Péninsule (8). L'exception établie en faveur de Médine par les critiques arabes leur a été inspirée par des préoccupations religieuses. Seule, la musique paraît n'avoir pas été cultivée, comme dans les deux grandes cités du Hidjâz ; on la tolérait seulement aux lamentations funèbres (9). Les poètes thaqafites se distinguent également par une plus grande réserve méritant d'être relevée au milieu de la licence générale du Parnasse arabe. S'ils chantent le vin avec ferveur, on ne rencontre parmi eux, ni un Ahwas ni un 'Omar ibn abî Rabî'a (10). Pendant le premier siècle de l'Islam, l'*Aghâni* (VI 24, en bas) ne signale à Tâif qu'un seul poète érotique. Encore le " *nasîb* „ (11) se pré-

(1) Moghîra et Ziâd.

(2) Un autre talent, celui de torturer avec art les prisonniers de guerre, est signalé *Ag.* X 20, ad finem ; 33.

(3) Elle est vantée par leur poète Omaiya. Cfr ibn Hichâm, 32. Voir aussi une remarque du calife 'Othmân, citée dans Nöldeke, *Geschichte des Qorâns* 236.

(4) Le célèbre Hadjâdj appartenait à une génération de maîtres d'école, *Kâmil*, 290-291 ; *'Iqd* III 7, 2. Cfr Périer, *op. cit.*, 6. Qotaiba, *Poesis* 206, 14. Ibn Rosteh 216, 13, 22.

(5) *Ag.* IX 49, 2 et 3.

(6) Comp. Brockelmann' *Geschichte der arab. Litteratur* I 99, lequel assigne comme date de sa mort 149/766.

(7) *'Iqd* III, 2 ; 414 ; ibn Khallikân I 357. *Ag.* XI 102, 6 ; *Tabaq.* III[1] 104 5 ; V 372, 1.

(8) Baihaqi 457, 9 ; *Ag.* III 187, IV 3. La raison de cet exclusivisme est donnée *Ag.* II 18, ad fin. — En réalité " dans les villes on était trop plongé dans des préoccupations mercantiles pour que jamais une littérature en dût venir „ (Cl. Huart, *Littérat. arabe*, 5). Hamdâni 134, 7 fait des réserves sur la pureté du dialecte arabe de Tâif ; elles détonnent sous la plume de ce géographe yéménite au style heurté.

(9) *Ag.* I 99.

(10) On reprochait aux Thaqafites d'être grands dépensiers. Djâhiz, *Avares*, 169, 8.

(11) La partie amoureuse de la *qasîda* arabe.

sente-t-il chez lui comme une concession, parfois burlesque, aux formes " hiératiques „ (1) de l'ancienne poésie arabe.

III

Cet ensemble de circonstances heureuses nous permet de comprendre pourquoi, pendant la période omaiyade, aucune autre tribu arabe, pas même celle de Qoraich, ne produisit un aussi grand nombre d'hommes remarquables : Moghîra, Ziâd, 'Obaidallah, Hadjâdj... Ajoutons-y le fameux Mokhtâr, type étrange de révolutionnaire illuminé. Les relations incessantes avec la famille des Omaiyades expliquent la décision avec laquelle les Thaqafites se déclarèrent, dès le début (2), pour les descendants d'aboû Sofiân, et aussi la faveur que leur témoignèrent généralement les califes syriens, jusqu'à admettre dans les rangs de leur famille des *halîf*, et même des *maula* de Tâif (3).

Cette faveur, et encore plus les services rendus par les Thaqafites à la dynastie syrienne (4) devaient provoquer une réaction de la tradition anti-omaiyade. Elle voulut faire expier à ces " *homines novi* „ leur extraordinaire fortune, les punir d'avoir eu trop de talent. Il faut également tenir compte des rancunes (5) amassées par les hommes d'État omaiyades. Sans parler de l'imposteur Mokhtâr, justement honni, 'Obaidallah déploya parfois une véritable brutalité dans son zèle pour le maintien de l'ordre. Son entêtement amena la catastrophe de Karbalâ, et fournit une ample matière au drame de la " Semaine Sainte „ des Chi'ites (6). Si Hadjâdj ne fut pas le tyran décrit

(1) Sur lesquelles le premier, je crois Winckler, a attiré l'attention. M. V. A. G., 1901, *Arabisch-Orientalisch-Semitisch.*

(2) Leur désir de voir le califat se perpétuer au sein des banoû Omaiya les fait sortir du camp de 'Aicha avant la bataille du Chameau. Tabari I 3, 103-4. Contre leur hégémonie, ils n'éprouvaient ni les répugnances des Ansâriens, ni la jalousie des grandes familles mecquoises.

(3) Cfr ibn Hadjâr I 51 nº 80 et autres références données plus haut. Au neveu de Mo'âwia, les Omaiyades reprochent pourtant d'avoir eu un père thaqafite *Ag.* XIII 43, en bas. Mo'âwia lui refuse une de ses filles. *Ag.* XIII 34, en bas. Même reproche à Marwân au sujet de sa mère, originaire de Tâif. *Ag.* XVI 91.

(4) Les 'Abbassides sévirent contre tous les amis des Omaiyades; de là leurs mesures contre les descendants de 'Amrou ibn al 'Asi. *Ag.* X 169, 2 a. d. l. Cfr Baihaqi 529.

(5) Comp. les " *khotba* „ provocantes de Hadjâdj dans *'Iqd* II 187-91.

(6) Voir la description dans ZEITSCHRIFT FÜR ASSYRIOLOGIE, IX 280, etc.

par les écrivains 'alides et 'abbassides, il eut le tort d'être constamment un justicier implacable. Il lui manqua, non l'énergie, mais le prestige, et les autres qualités éminentes de Ziâd toujours maître de lui-même jusqu'à produire l'illusion du "*hilm*" (1).

Or, dans cette jalouse (2) et vindicative société arabe, dont la loi du "*thâr*" (3) forme une des bases, les rancunes vont s'accumulant. Quand la chute des Omaiyades leur permit de s'exhaler impunément, les descendants des hommes d'État thaqafites avaient disparu dans la tempête (4) balayant le trône des califes syriens. Ne pouvant se venger sur leur personne, la réaction voulut prendre sa revanche en s'acharnant sur leur mémoire. Recourant à son arme habituelle, la calomnie, elle s'est efforcée de mettre la ville de Tâif et la tribu de Thaqîf au ban de l'histoire. Elle accumule les crimes sur le passé des ancêtres de Thaqîf et les déclare étrangers à la race arabe (5). Si elle les rattache au peuple de Thamoûd (6), exterminé par Allah, aux traîtres qui guidèrent la marche des Abyssins vers la Mecque (7), c'est pour insinuer que, descendus de cette race maudite, les 'Obaidallah, les Hadjâdj ont simplement continué les traditions d'impiété de leurs ancêtres et se sont montrés les dignes ministres des infidèles Omaiyades. Ne fait-on pas prédire à Mahomet que de Thaqîf sortiront un bourreau et un imposteur (8), prescrire aux bons Musulmans de détester cette tribu ? Malheureusement, en insérant dans le même "*hadith*" l'obligation d'aimer les Ansâr (9), le faussaire a trahi son origine médinoise.

(1) Cfr *Ag.* XI 123. en bas.

(2) " Les neuf dixièmes de l'envie appartiennent aux Arabes ; les autres nations se partagent le reste " ; ainsi s'exprime une tradition attribuée à Mahomet.

(3) La loi du sang, du talion.

(4) A l'exception peut-être de ceux de Ziâd ; voir comment les traitent les 'abbassides. Baihaqi 529.

(5) *Ag.* IV 76. Comp. vers d'aboû 'l-Aswad. Mas'oûdi V 159.

(6) *Ag.* IV 74-75.

(7) Consulter le monumental ouvrage du prince Léon Caetani, *Annali dell' Islam*, I 128-129. Nous profitons de cette occasion pour le signaler à l'attention des érudits, curieux de l'histoire de l'Islam primitif. Pour l'ampleur du plan, pour le nombre de questions nouvelles, résolument abordées, nous ne lui connaissons rien de pareil.

(8) *Ag.*, *loc. cit.* Mas'oudi V 25 : ibn al-Athîr IV 294 ; *Tabaq.* VIII 185, 14-19. L'imposteur c'est Mokhtâr, le bourreau : Hadjâdj, 'Obaidallah ou Ziâd, au choix.

(9) *Ag.* IV 76, en bas. Cela n'a pas empêché 'Ali d'utiliser les services de Ziâd et de nombreux Thaqafites, et d'épouser une femme de Tâif.

En s'alliant à la race maudite — conduite imitée par les deux califes du nom de 'Omar, ces plus parfaites incarnations de l'idéal islamite, — le Prophète s'inscrira d'avance en faux contre cette façon d'écrire l'histoire. Il suffit de signaler ces traditions tendancieuses (1), le procédé étant suffisamment connu (2). Si l'étude sur la cité de Tâif démontre le caractère apocryphe et la date postérieure (3) de ces prophéties *post eventum* (4), la carrière des hommes d'État thaqafites, leur dévoûment sans bornes à la cause omaiyade (5), expliquent amplement les motifs de ces haines posthumes. L'acharnement des rancunes chi'ites et 'abbassides est le plus bel hommage rendu à leur activité administrative.

HENRI LAMMENS, S. J.

II

L'AGRANDISSEMENT DE LA LUNE A L'HORIZON

Peu de questions ont autant excité la curiosité que l'agrandissement apparent de la lune (et souvent aussi du soleil) à l'horizon. M. Claparède, qui l'a reprise récemment dans les ARCHIVES DE PSYCHOLOGIE (6), en donne une bibliographie qui ne contient pas moins de soixante-dix noms : le nôtre y figure pour un petit article paru dans la REVUE PHILOSOPHIQUE de 1888, 2e semestre. C'est dire que le sujet nous intéresse et que nous

(1) Déjà signalées par Goldziher, *Mohammedanische Studien* I 99-100.

(2) Il a été principalement mis en lumière par l'auteur des *Mohammedanische Studien*.

(3) Les " actes „ de la primitive église musulmane témoignent à Tâif un très vif intérêt, et la placent immédiatement après la Mecque et Médine.

(4) On les ignora, nous l'avons vu, pendant toute la durée de la période omaiyade. Avec les califes, les plus illustres familles recherchent les alliances thaqafites; et les poètes, interprètes de l'opinion publique, les célèbrent comme des titres de gloire. Le nom de 'Alî, à qui on les attribue (*Ag.* IV 74-75), en montre la provenance.

(5) Cette tendance est surtout visible dans le hadith, cité dans *Ag.* IV 76, 7 a. d. l.

(6) Octobre 1905.

avons lu avec beaucoup de curiosité l'étude d'un psychologue aussi pénétrant que le jeune professeur de l'Université de Genève.

Il donne d'abord un aperçu détaillé des théories proposées, en se servant notamment d'une étude publiée en 1903 par Reimann dans la Zeitschrift für Psychologie. Nous ne l'y suivrons pas et ne parlerons que de la seule explication qui paraisse sérieuse en dehors de celle qu'a imaginée M. Claparède (1). Cette explication consiste à dire que la lune voisine de l'horizon présente un éloignement apparent plus grand que lorsqu'elle est élevée dans le ciel et que, étant vue sous le même angle, elle paraît forcément plus grosse.

Ce plus grand éloignement près de l'horizon peut s'expliquer de différentes façons, par l'interposition d'objets, par la perspective aérienne, par la forme du ciel, toutes causes du reste qui peuvent coopérer et jouer, selon les cas, un rôle plus ou moins important. Mais voici que M. Claparède, après avoir reconnu que cette explication est très tentante, prétend la ruiner radicalement par la simple constatation de ce fait que la lune ne paraîtrait pas plus éloignée, mais au contraire beaucoup plus rapprochée lorsqu'elle se lève, et de même le soleil lorsqu'il se couche.

Frappé personnellement de cette proximité apparente, il a ouvert une enquête : sur vingt-six personnes, vingt-cinq ont déclaré que la lune leur paraissait plus rapprochée à son lever. Quelques-unes ajoutèrent : " C'est certain qu'on la voit plus rapprochée, puisqu'elle semble plus grosse ; c'est justement parce qu'elle nous paraît plus près que nous la voyons plus grosse ! „

Une autre enquête faite par Zoth sur une centaine de personnes n'a donné que trois témoignages contre la plus grande proximité à l'horizon, et encore ces trois personnes déclaraient-elles ne pouvoir répondre.

Voilà donc un fait qui paraît bien acquis et qui, de prime abord, semble ruiner de fond en comble l'explication de la grosseur par l'éloignement apparent. Avant de discuter la portée réelle de cette réfutation, remarquons que, selon la réflexion de M. Claparède, il semble que seuls les auteurs auto-suggestionnés par la théorie croient voir la lune plus loin à l'horizon, et ce

(1) On verra cependant plus loin qu'il en est une autre qui complète heureusement celle-ci.

serait un bel exemple d'auto-suggestion se renouvelant depuis Ptolémée, qui a fondé cette théorie (1) !

En critique sérieux. M. Claparède ne se hâte pas trop de triompher. Si l'on veut, dit-il, conserver la théorie de l'éloignement apparent, il faut admettre qu'on fait les deux jugements superposés suivants : 1° la lune est plus éloignée, donc elle est plus grosse ; 2° la lune est plus grosse, donc (sachant que sa grosseur est invariable) je la suppose située plus près. " Dans la première de ces inférences (qu'on pourrait appeler *primaire)*, le jugement d'éloignement serait subconscient et résulterait de fonctions innées ; dans la seconde (inférence *secondaire*), le jugement de proximité serait conscient et reposerait sur des notions acquises. „ C'est bien ainsi, nous l'avons vu, qu'apparaît le jugement de proximité chez plusieurs des personnes interrogées par M. Claparède, et de fait rien de plus naturel que cette superposition de jugements quasi contradictoires sur des plans de conscience différents.

Mais M. Claparède objecte que, chez lui, le sentiment de la proximité de la lune à son lever est *immédiat*, précède même l'impression de grosseur. Il faudrait donc admettre que ces deux inférences contradictoires peuvent avoir lieu au même instant dans un même esprit. Or il a fait une expérience qui semble indiquer la possibilité de cette étrange simultanéité. Prenant soit deux vues stéréoscopiques, soit deux pains à cacheter collés sur une vitre, il en opère la fusion tantôt par convergence et tantôt par divergence ; on sait que, dans le cas de la convergence, la théorie veut qu'on voie l'image plus proche que le plan contenant les objets, et qu'on la voie plus loin dans le cas de la divergence : d'où il doit résulter qu'elle paraisse plus petite dans le premier cas et plus grande dans le second.

Or, quand M. Claparède compare la situation apparente de l'image au plan des objets, il constate toujours la vérification de la théorie ; mais, s'il compare *entre elles* les deux images résultantes sous le rapport de leurs distances, il constate que parfois l'image résultante par convergence paraît située plus loin que l'image par divergence, ce qui tient évidemment à son rapetissement.

Cette expérience est extrêmement curieuse (2). car ici l'infé-

(1) Nous sommes à ranger parmi ces auteurs auto-suggestionnés, bien qu'il nous ait toujours manqué un sentiment bien net de la distance de la lune haut dans le ciel.

(2) Nous aurions vivement désiré la répéter; mais malheureusement,

rence secondaire l'emporte, non sur une simple inférence primaire, mais sur une vision véritable : le cas diffère de celui de la lune et est beaucoup plus caractéristique. Il convient d'autant plus d'y insister que M. Claparède ne paraît pas l'avoir remarqué. La lune est à une distance pratiquement infinie, et ses images sur la rétine ne diffèrent pas, quelle que soit sa position dans le ciel (1) : ce n'est donc bien que par une inférence, reposant sur telle ou telle suggestion, que nous la voyons plus éloignée ou plus voisine à l'horizon, tandis que, dans l'expérience des deux fusions, il y a réelle vision à des distances différentes, et c'est cette vision réelle que doit vaincre l'inférence secondaire provoquée par l'inférence primaire qu'occasionne la dite vision.

En résumé, et avec plus de précision, on peut distinguer quatre cas.

1° Si la lune est suggérée plus loin par la vue des objets terrestres ou la forme de la voûte céleste, il y a là une inférence réellement primaire, qui entraîne l'inférence secondaire de la grosseur, laquelle à son tour suggère (inférence tertiaire) la proximité de la lune ;

2° Si la proximité est perçue d'abord et antérieurement à la grosseur, comme M. Claparède croit l'avoir observé sur lui-même, on aurait une inférence primaire de proximité, puis une inférence secondaire de grosseur : les deux inférences ne sont pas de même ordre ;

3° Si grosseur et proximité sont suggérées simultanément, on est en présence de deux inférences secondaires contradictoires ;

4° Enfin, dans l'expérience des pains à cacheter fusionnés par divergence ou par convergence, on a une vision proprement dite victorieusement combattue par une inférence secondaire dérivant d'une inférence primaire suscitée par la vision elle-même. C'est le plus bel exemple qu'on puisse rêver, beaucoup plus caractéristique que le troisième cas où il y a deux inférences contradictoires dont les origines peuvent être indépendantes.

D'où nous pouvons conclure que les inférences les plus directement contradictoires sont compatibles et qu'il est impossible de ruiner par cette voie la théorie classique. Mais cela

si la fusion par divergence nous est très familière, nous ne réalisons qu'avec une extrême difficulté la fusion par convergence.

(1) Sous réserve de la réduction du diamètre vertical près de l'horizon.

n'empêche pas d'examiner avec grand intérêt la théorie que M. Claparède s'efforce de substituer à celle-ci.

Ainsi qu'il l'indique dans une note complémentaire, parue dans le numéro de janvier 1906 des ARCHIVES DE PSYCHOLOGIE, sa propre théorie a été précédée par une autre assez voisine et qu'on peut associer avec elle : il s'agit de la théorie de Lühr. " Lorsqu'on regarde la lune à l'horizon, remarque celui-ci, il ne tombe dans le champ visuel qu'une étroite bande de ciel sur laquelle se concentre l'attention ; par rapport à cette bande, la lune paraît beaucoup plus grande que la lune au zénith, qui se détache sur une étendue céleste considérable. „ Reimann objecte que le champ visuel a toujours la même étendue et que Lühr n'a pas le droit d'en négliger la partie terrestre. A quoi M. Claparède répond que, si la remarque est juste, il faut cependant ajouter que, si le champ visuel reste *physiologiquement* le même dans les deux cas, il ne l'est pas *psychologiquement*, l'étendue objective étant proportionnellement bien moindre dans la partie terrestre du champ visuel. D'où il résulte que, si Lühr a eu le tort de prétendre que la lune n'est comparée qu'au fond *céleste*, il est vrai que le champ total auquel elle est comparée a un contenu objectif et une valeur psychologique moindres quand elle est à l'horizon. Telle est la théorie du *contraste*.

Celle qui appartient en propre à M. Claparède est la théorie de l'*intérêt*, l'intérêt excité par la lune étant plus grand quand elle est près de l'horizon, parce qu'alors on a le sentiment qu'elle est un objet terrestre. Il cite d'ailleurs une série de constatations montrant que, plus la lune produit ce sentiment et moins elle apparaît comme étant elle-même, plus elle donne le sentiment de l'énormité. Mais pourquoi grossissons-nous les objets terrestres ou paraissant tels ? C'est qu'ils présentent pour nous plus d'*intérêt*, répond M. Claparède, et il fait valoir d'ingénieuses considérations à l'appui de cette explication.

En terminant sa note complémentaire de janvier 1906, M. Claparède fait observer que le contraste et l'intérêt peuvent collaborer d'une façon directe, par l'effet du rétrécissement du champ visuel vraiment efficace sous l'influence de l'attention qu'excitent les astres à l'horizon, conformément à une remarque due à M. Larguier des Bancels.

Jusqu'ici nous nous sommes borné à résumer ; nous voudrions maintenant apporter une très modeste contribution à la discussion, et elle se trouve être favorable à la thèse de M. Claparède. On sait que le soleil subit, comme la lune, un grossissement

apparent à l'horizon, mais il nous semble qu'en général il est sensiblement moindre, ce que confirme le fait qu'on parle davantage du grossissement de la lune. Or, il est incontestable que le soleil ne prend guère l'apparence d'un objet terrestre : par l'illumination du ciel qu'il produit, il demeure l'astre par excellence et ne peut guère être pris pour le gros ballon que nous fait voir si souvent la lune à son lever. Dès lors il ne resterait à peu près plus dans ce cas que l'effet de contraste invoqué par Lühr, et par suite le grossissement doit être moindre.

G. Lechalas.

BIBLIOGRAPHIE

I

Encyclopédie des Sciences mathématiques pures et appliquées. Édition française. Tome I, volume 4, fascicule 1 et volume 3, fascicule 1. Deux vol. in-8° de 160 et 96 pages. — Paris, Gauthier-Villars ; Leipzig, Teubner, 1906.

Nous avons indiqué (1) dans quel esprit avait été entreprise la publication de l'édition française de cette Encyclopédie ; nous n'avons pas à y revenir.

Le premier des nouveaux fascicules parus comprend :

1° Le *Calcul des probabilités* exposé d'après l'article allemand de E. Czuber, par J. Le Roux (46 pages) ;

2° Le *Calcul des différences* et son application à l'*Interpolation*, exposés d'après les articles allemands de D. Selivanov et J. Bauchinger, par H. Andoyer (114 pages).

Pour intéressantes qu'elles puissent être, les additions apportées, dans l'édition française, au premier de ces articles ne visent que des points de détail. Il convient de citer particulièrement celle qui a trait à la notion même de la probabilité et à la valeur, plus ou moins subjective, qu'il convient de lui attribuer, notamment d'après Laplace, Cournot, Poincaré.

Les additions au second article sont de bien plus grande étendue. L'application du calcul des différences à l'interpolation est de la plus haute importance pour l'étude mathématique des lois physiques et, particulièrement, de celles qui sont du domaine de l'astronomie. On peut même dire qu'à ce point de vue elle constitue une des pierres angulaires des mathéma-

(1) Revue des Quest. scient., t. LVIII, juillet 1905, p. 319.

tiques, lorsqu'il s'agit d'aller jusqu'aux calculs numériques qui ne peuvent être réalisés que par voie d'approximations poussées plus ou moins loin.

L'adaptateur français de cette partie de l'Encyclopédie qui, en raison de son enseignement astronomique à la Sorbonne, a été amené à approfondir ce genre de question, s'est donc trouvé à même d'enrichir l'exposé allemand, d'ailleurs fort intéressant par lui-même, du fruit de sa propre érudition. Ses additions fort nombreuses portent principalement sur les équations aux différences, les fonctions génératrices, la sommation des séries, les quadratures mécaniques, et il y a lieu de noter l'emploi constant qu'il y fait du calcul symbolique, si bien approprié à ce genre de question. L'exposé, au point où l'a mis M. Andoyer, est de nature à suffire à quiconque peut avoir à faire des applications numériques du calcul des différences ; il offre, à cet égard, un caractère de véritable utilité qui s'ajoute à l'intérêt très puissant qu'offrent les diverses parties de l'Encyclopédie prises dans leur ensemble.

Le second fascicule ici annoncé contient :

1° Les *Propositions élémentaires de la théorie des nombres* (c'est-à-dire celles qui concernent les nombres *entiers*, et plus particulièrement les nombres *naturels*, et qui peuvent être établies sans le secours de l'analyse transcendante), exposées d'après l'article allemand de P. Bachmann, par E. Maillet (75 pages) ;

2° Le début de la *Théorie arithmétique des formes*, exposée d'après l'article allemand de K. Th. Vahlen, par E. Cahen.

Le premier de ces articles offre, par rapport à l'édition allemande, de nombreuses additions, dues non seulement, à titre personnel, à l'adaptateur français, mais encore à P. Tannery (le numéro tout entier consacré aux *nombres aliquotaires)* et au directeur de l'édition française lui-même, M. J. Molk, dont la part contributive a trait surtout aux congruences de degré supérieur, aux nombres *parfaits* et *amiables*, enfin aux diverses espèces de *figures magiques* qui, pour n'être que de simples jeux de l'esprit, n'en présentent pas moins, au point de vue arithmétique, un très grand intérêt en raison de la difficulté des problèmes qu'elles ont soulevés et de la grande ingéniosité qui a été dépensée à leur solution.

Les quelques pages publiées de l'article dont le début a servi à compléter le fascicule en question, et qui a trait à un sujet d'une si haute importance, permettent de bien augurer, tant

sous le rapport de l'intérêt que sous celui de l'étendue, des compléments dont, sur ce terrain, va bénéficier l'édition française.

On ne saurait, à cette occasion, trop insister sur l'importance d'une œuvre dans laquelle, en une si heureuse harmonie, viennent s'ajouter aux qualités spéciales de l'érudition allemande celles de la française.

M. O.

II

Sur quelques points du calcul fonctionnel, par M. Fréchet. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences mathématiques. Un vol. in-4° de 74 pages. — Paris, 1906.

Lagrange et Euler définissaient la *fonction : ce qui a une expression analytique déterminée.* Cauchy et Riemann se trouvant à l'étroit dans la définition, l'élargirent : y est fonction de x quand, x étant *un nombre* choisi dans un ensemble, on lui fait correspondre un nombre déterminé y. Le mode de correspondance — qu'il soit ou non exprimable par des symboles d'opérations arithmétiques — est tout à fait quelconque pourvu qu'il soit défini. Les généralisations successives de cette définition s'obtiennent en y remplaçant les mots *un nombre*, par *un système de nombres, une suite infinie de nombres, une ligne, la forme d'une fonction ordinaire.*

La généralisation nouvelle, introduite par M. Fréchet, substitue au mot nombre le mot *un élément.* Nous sommes donc en présence de l'extrême généralisation de l'idée de fonction : la variable est un élément pris dans un ensemble d'objets de nature quelconque, abstraction faite de cette nature.

L'étude des fonctions considérées à ce point de vue est appelé *Calcul fonctionnel.*

Cette étude impose à l'auteur une généralisation de la théorie des ensembles linéaires, celle de la notion de limite, par exemple. On définira *comme on voudra* la limite d'une suite d'éléments $A, A_2 \ldots A_n \ldots$ pourvu que

1° la limite de la suite A, A, A,... soit A.

2° la limite de $A_1\ A_2 \ldots A_n$ étant A, la limite d'une suite d'éléments pris dans la suite $A_1\ A_2 \ldots A_n$ et dans le même ordre, soit

également A. D'où, ensembles dérivés, fermés, parfaits, compacts. D'où encore, continuité d'une fonction, définie par la relation

$$f(\lim A) = \lim f(A)$$

vérifiée quel que soit le mode de tendance à la limite. Définition de la convergence d'une série d'opérations.

Ces définitions mènent à la généralisation de presque tous les théorèmes sur les ensembles linéaires et sur les fonctions continues.

Une nouvelle notion, celle de voisinage, restreignant un peu, il est vrai, la généralité des ensembles considérés, permet d'étendre plus loin ces généralisations de théorèmes. La notion de voisinage est définie dans une classe de la manière suivante : On fait correspondre à tout groupe de deux éléments de la classe un nombre positif. Désignons-le par (A, B) pour les éléments A et B. Ce nombre jouit des propriétés suivantes :

1) $$(A, B) = (B, A)$$

2) Si A est identique à B, (A, B) est nul et réciproquement.

3) $(A, B) \leqq \epsilon$ et $(B, C) \leqq \epsilon$ entraînent $(A, C) \leqq f(\epsilon)$, $f(\epsilon)$ tendant vers zéro avec ϵ.

On dira que la suite $A_1 A_2 \ldots A_n \ldots$ a pour limite A si (A, A_n) tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$.

La limite ainsi définie est une limite au premier sens. L'inverse n'est pas vrai.

La continuité, on l'entrevoit, se définit également au moyen du voisinage.

Dans une seconde partie de sa thèse, M. Fréchet applique à des cas particuliers remarquables les théorèmes généraux de sa théorie : ensembles linéaires et fonctions d'une variable ; ensembles de fonctions continues et fonctionnelles ; ensembles de points dans les divers espaces ; fonctions holomorphes à l'intérieur d'une même aire ; ensembles de courbes continues et fonctions de lignes ; fonctions de surfaces.

Terminons ce trop court aperçu par une remarque de l'auteur : « En procédant ainsi (par la généralisation introduite) il arrive que certaines démonstrations sont rendues plus difficiles puisqu'on se prive d'une représentation plus concrète. Mais ce que l'on perd ainsi, on le regagne largement en se dispensant de répéter plusieurs fois sous des formes différentes les mêmes

raisonnements. On y gagne souvent aussi d'apercevoir plus nettement ce qui dans les démonstrations était véritablement essentiel et de les simplifier en les débarrassant de ce qui ne tenait qu'à la nature propre des éléments considérés. „

Aussi cet important mémoire constitue-t-il une heureuse synthèse des beaux travaux de MM. Le Roux, Volterra, Arzela, Hadamard, sur les fonctions généralisées. Il fait même plus que les résumer : il épuise en une fois toute la partie fondamentale de la théorie des fonctions généralisées particulières qu'on peut imaginer à l'infini.

F. W.

III

Traité de Trigonométrie plane et sphérique, par l'abbé E. Gelin, Dr. S. Th. et Ph., professeur de Mathématiques supérieures au Collège Saint-Quirin à Huy. Ouvrage couronné par l'Académie royale de Belgique; adopté et spécialement recommandé par le Conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen pour les classes supérieures de la section scientifique des Athénées et l'École militaire de Bruxelles. Deuxième édition. Un vol. in-8° de 288 pages. — Bruxelles, Schepens et Cie; Namur, Wesmael-Charlier; Huy, chez l'auteur, 1906. Prix : 5 francs.

Sommaire. Introduction (pp. 5-7). Objet et division de la trigonométrie. L'auteur exclut de son livre les séries trigonométriques, les formules trigonométriques différentielles et les fonctions hyperboliques.

Livre I. *Théorie des lignes trigonométriques* (pp. 8-117). 1. Arcs de cercles positifs et négatifs. 2-5. Définitions et variations des lignes trigonométriques. 6-7. Réduction au premier quadrant. 8. Relations entre les lignes trigonométriques d'un même arc. 9-10. Formules relatives à l'addition des arcs (démonstration de proche en proche; démonstration de Cauchy; $\sin(a+b+c+\cdots)$; $\cos(a+b+c+\cdots)$; $\operatorname{tang}(a+b+c+\cdots)$. 11. Formules relatives à la multiplication des arcs, jusques et y compris celles qui donnent $\sin ma$, $\cos ma$ en fonction des puissances de $\sin a$, $\cos a$, et inversement. 12. Formules relatives à la division des arcs. 13. Lignes trigonométriques de 3 en 3 degrés

avec des dénominateurs rationalisés. 14. Construction des tables trigonométriques (sexagésimales ou centésimales, de dix en dix secondes). 15. Usage des tables avec de nombreux exemples traités complètement. 16. Rendre une formule calculable par logarithmes. 17. Vérification des identités trigonométriques (innombrables exemples). 18. Équations trigonométriques.

Livre II. *Trigonométrie rectiligne* (pp. 118-176). 1-2. Triangles rectangles. 3-5. Triangles quelconques. 6. Aire du triangle. 7. Cercle circonscrit, cercles inscrits. 8. Résolution des triangles quand les données ne sont pas toutes des angles ou des côtés. 9. Quadrilatère, inscrit ou non, trapèze. 10-12. Application de la trigonométrie à la mesure des hauteurs et des distances; applications géodésiques; nombreuses applications numériques sexagésimales ou centésimales.

Livre III. *Trigonométrie sphérique* (pp. 177-217). 1-4. Relations fondamentales et résolution des triangles. 5. Excès sphérique. 6. Cercle circonscrit, cercles inscrits. 7. Questions diverses. 8. Nombreuses applications numériques.

Livre IV. *Compléments de trigonométrie* (pp. 218-285). 1. Méthode des projections. 2. Exercices sur les lignes trigonométriques de l'arc de 3°. 3. Sommation des sinus et cosinus d'arcs en progression par différence. 4. Questions de maximums et de minimums (9 pages). 5. Valeurs limites de ($\sin x : x$), etc. 6-12. Expression trigonométrique des imaginaires; formules relatives à l'addition et à la multiplication des arcs; formules donnant $\cos ma$, $\sin ma$ en fonction de $\cos^m a$, $\sin^m a$, etc. et inversement; résolution des équations binômes; théorèmes de Moivre et de Côtes. 13-14. Polygones réguliers; polygone régulier de 17 côtés. 15. Résolution de l'équation cubique. 16. Les formules de la trigonométrie rectiligne comme limites de celles de la trigonométrie sphérique. 17. Questions diverses contenant, entre autres, un grand nombre de formules de la géométrie récente du triangle, relatives aux angles de Brocard, puis une cinquantaine d'exercices de trigonométrie.

Le *Traité de Trigonométrie* de M. l'abbé Gelin est très complet sur tous les sujets qu'il aborde; chaque point est exposé d'une manière logique, claire et concise. Mais il faut bien avouer qu'à cause de ses qualités même, le Traité est peut être d'un usage assez difficile pour des commençants : ceux-ci feront bien de se servir plutôt du *Précis de trigonométrie rectiligne* de l'auteur, sous la direction d'un professeur expérimenté.

Voici quelques remarques relatives à des points spéciaux.

Dans le livre I, il eût été utile de représenter géométriquement les relations $y = \sin x$, $y = \operatorname{tang} x$, pour faire ressortir davantage que les lignes trigonométriques sont des *fonctions* de x; puis de prouver que ces fonctions sont continues. Dans le livre IV, il eût été avantageux d'introduire la notation e^{xi} pour représenter l'expression $\cos x + i \sin x$; cela aurait permis de simplifier les §§ 3, 6 et suivants. Bien entendu, cette addition eût entraîné l'introduction toute naturelle d'un aperçu de la théorie des fonctions hyperboliques, ce qui aurait augmenté la valeur du Traité. La formule approximative $x = \frac{3 \sin x}{2 + \cos x}$, si commode pour la résolution pratique des triangles rectangles, mériterait aussi une petite place dans le dernier livre.

P. M.

IV

Mélanges de géométrie a quatre dimensions, par E. Jouffret. Un vol. in-8° de XI-227 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Dans la Revue des Questions scientifiques d'octobre 1903 (1), nous avons rendu compte du *Traité élémentaire de Géométrie à quatre dimensions* du colonel Jouffret. Depuis cette époque, la mort en a frappé l'auteur; mais il laissait, prêt à l'impression, un nouveau livre que nous devons à sa veuve de connaître aujourd'hui.

Comme l'indique son titre, ce livre n'a pas la régularité didactique du précédent, qu'il est du reste bon de connaître préalablement, bien qu'un *coup d'œil sur les principes* puisse en dispenser à la rigueur. Après une étude des trois premiers des six polyédroïdes réguliers, le colonel Jouffret aborde des questions de géométrie à trois dimensions dans le but de montrer qu'elles appellent, pour ainsi dire, la géométrie à quatre dimensions : ce sont l'hexagramme de Pascal et les surfaces du 3e degré.

L'hexagramme est la figure formée par six points dont trois quelconques ne soient pas en ligne droite et par les droites qui les joignent deux à deux. Or l'étude de l'hexagramme plan est

(1) Revue des Quest. scient., t. LIV, pp. 605-609.

grandement facilitée quand on le considère comme la projection d'un hexagramme dans l'espace, parce que sur le plan deux droites se coupent toujours, alors que leur intersection ne joue un rôle dans la figure de l'hexagramme que lorsqu'elles sont les projections de deux droites de l'espace qui se coupent : le meilleur moyen d'écarter les points inutiles est donc de remonter du plan dans l'espace (1). Mais il est encore préférable de remonter de là dans l'*étendue*, ou champ à quatre dimensions : comme l'a fait observer M. Richmond, la figure de quatre points dans le plan fournit à la géométrie de la droite une notion fondamentale, celle du *rapport anharmonique ;* la figure de cinq points dans l'espace fournit à la géométrie du plan, la notion également capitale de *deux triangles homologiques ;* la figure de six points dans l'étendue, ou *hexastigme*, fournit aux champs inférieurs la notion de l'*hexagramme*.

Enfin la partie purement mathématique de l'ouvrage se termine par l'étude des hypersurfaces du second degré, ou *hyperquadriques*, et par celle des *quartiques* ou surfaces du 4e degré produites par l'intersection de deux hyperquadriques. Il serait, notons-le, plus logique d'appeler hyperquartiques ces surfaces, puisque le nom de quartique appartient déjà à la courbe du 4e degré, intersection de deux quadriques dans l'espace.

Pour qui connaît la clarté et la conscience de composition des ouvrages du colonel Jouffret, il nous suffira de dire que celui-ci est digne des précédents. Mais, avant d'en arriver au chapitre final, traitant de la question de l'existence réelle de l'hyperespace, nous voudrions parler d'un point de terminologie qui nous paraît avoir une réelle importance. Déjà nous avions cherché une chicane de ce genre à l'auteur, et, dans une note de la page 163, il nous donne théoriquement raison (2) ; aujourd'hui la critique sera analogue, mais de portée plus générale.

Il est entendu que le sujet étudié est la géométrie à quatre dimensions euclidienne ; mais ce n'est pas là une raison pour adopter une terminologie se prêtant mal à une extension ultérieure. Le colonel Jouffret pose la droite, le plan, l'espace,

(1) Les surfaces du 3e degré servent à l'étude de l'hexagramme dans l'espace.

(2) Il s'agissait du terme " hypersphère „ qu'il applique à la sphère à trois dimensions, alors qu'il nous paraît préférable de le réserver aux surfaces isogènes à courbure négative de la géométrie de Lobatchefsky. Celles-ci étant hors de cause dans son livre, il a cru devoir conserver son vocabulaire précédent.

l'étendue, constituant autant de champs à une, deux, trois et quatre dimensions. On voit de suite qu'il n'y a de champs que là où la géodésique est la droite euclidienne, et en effet il n'y a aucun terme générique appliqué à ce que nous appellerions volontiers des espaces quelconques à n dimensions. Aussi ce qui a trois dimensions et n'a pas la droite euclidienne pour géodésique est-il appelé une hypersurface. Il y a là, semble-t-il, comme une sorte de crainte d'ouvrir la porte au langage de la géométrie générale. N'est-ce pas une crainte de ce genre encore qui a empêché l'auteur de compléter son étude sur l'hypersphère, selon son expression, pour laquelle il s'est borné à renvoyer à son *Traité élémentaire* ? On sait que, dans celui-ci, s'il a étudié notamment avec soin la mesure du contenant et du contenu, il s'est abstenu d'étudier toute cette géométrie propre de l'hypersphère qui n'est qu'un duplicata de la géométrie de Riemann, bien que ce soit un chapitre de la géométrie euclidienne à quatre dimensions.

Qu'on nous pardonne ces redites dictées par une de ces idées fixes, vulgairement dites marottes. Il nous reste à dire quelques mots de l'*existence* de l'hyperespace ; mais d'abord il convient de noter qu'en fidèle adepte des doctrines de M. Duhem le colonel Jouffret n'entend par existence que l'utilité d'un schéma (1).

A ce point de vue, le principal argument est emprunté à la stéréochimie des atomes à cinq valences : on ne peut que regretter que son exposé, très intéressant, soit un peu trop sommaire (2).

Mentionnons enfin les arguments de Zöllner, empruntés aux expériences du medium Slade qui fit disparaître un grain de blé enfermé dans une sphère de verre et le fit reparaître au dehors, et qui dénoua une corde scellée à ses deux bouts sur deux poteaux. Il est certain que, bien établies, de telles expériences constitueraient un argument de premier ordre.

G. Lechalas.

(1) Il se hasarde cependant à noter que ce schéma ne se heurte à aucune contradiction et que rien n'empêche dès lors de lui attribuer une existence pareille à celle de notre espace.

(2) Nous avons au contraire trouvé un argument contre la quatrième dimension dans le fait qu'un acide tartrique donné conserve toujours son caractère, puisque, s'il subissait des mouvements dans un espace à quatre dimensions, ses molécules devraient y subir des retournements (voir Revue philosophique de septembre 1901, p. 344).

V

Cours d'Astronomie, par Louis Maillard. Tome I. Un vol. in 4°, lithographié, de 243 pages. — Paris, A. Hermann.

Le *Cours* de M. L. Maillard est professé à la Faculté des sciences de l'Université de Lausanne. Il tient le milieu entre des leçons de Cosmographie, dont il suppose les premières notions, et un Traité d'astronomie mathématique, auquel il emprunte certains développements et en réserve d'autres, sans que la raison qui a déterminé le choix des matières soit toujours bien apparente. En pareil cas, on risque d'encourir le reproche : C'est trop et pas assez ; mais en le formulant ici nous serions vraisemblablement injuste. Ce Cours, en effet, en suppose un autre qu'il prépare et qui le complète : M. Maillard y renvoie à maintes reprises ; il faudrait en connaître la teneur pour pouvoir porter un jugement d'ensemble.

A ne considérer que ce premier volume, le Cours de M. Maillard se distingue surtout des ouvrages similaires par l'abondance des données historiques, biographiques et bibliographiques, développées en marge des leçons techniques. L'auteur, qui a beaucoup lu, se complaît manifestement à faire bénéficier des trésors de son érudition les lecteurs curieux d'autre chose que de sèches descriptions et d'arides calculs. C'est pour eux qu'il a écrit une bonne partie de son livre, la plupart des notes et l'*Aperçu historique* qui lui sert d'introduction ; il y retrace, en quelques pages, l'histoire des origines et des étapes successives de l'astronomie ancienne et de l'astronomie moderne. Les sources où il a puisé sont excellentes ; aussi cet *aperçu* vaut-il mieux que beaucoup d'autres, trop souvent mal renseignés.

Le Cours se divise en deux parties : la première est consacrée à l'*Astronomie sphérique*, la seconde à l'*Astronomie descriptive* et à l'*Astrophysique*. Le tome I comprend la première partie et le premier chapitre de la seconde. Nous allons le parcourir rapidement.

Le chapitre premier traite des méthodes générales de calcul : mesure des angles et des arcs ; trigonométrie sphérique : formules fondamentales, parmi lesquelles celles relatives aux triangles rectangles, avec la règle mnémotechnique de Neper ; théorème de Legendre sur l'assimilation approchée d'un triangle sphérique à un triangle rectiligne ; formules différentielles ;

notions très sommaires sur la méthode des moindres carrés. — Un paragraphe sur les constructions graphiques eût été ici à sa place, et on eût loué l'auteur d'en recommander l'usage et d'en expliquer l'emploi sur quelques exemples concrets.

On aborde, au chapitre II, la description de la sphère céleste : mouvement diurne, définitions qui s'y rattachent, groupement des étoiles en constellations, etc. Une carte des constellations principales de l'hémisphère nord, avec alignements, complète les indications du texte.

Les coordonnées horizontales, horaires, équatoriales, écliptiques sont définies au chapitre III, qui se termine par l'établissement et la vérification des lois du mouvement diurne. — Au chapitre précédent l'auteur avait écrit : " nous démontrerons que la rotation diurne est uniforme „. C'est beaucoup dire. On ne démontre pas, à parler en toute rigueur, l'uniformité de la rotation apparente de la sphère céleste, puisque la marche des pendules à laquelle on la compare est, en définitive, contrôlée par celle des étoiles. Il n'eût peut-être pas été inutile d'en faire la remarque.

L'étude de l'atmosphère et du rôle qu'elle joue dans les observations astronomiques, fait l'objet du chapitre IV ; ici les renseignements surérogatoires abondent. On décrit les méthodes d'exploration de l'atmosphère ; on résume ce qu'elles nous ont appris des variations de la température et de la pression avec la latitude et l'altitude ; on établit la formule barométrique de Laplace, on soumet à la critique les hypothèses sur lesquelles elle repose et les résultats auxquels elle conduit, etc. Les différents moyens dont nous disposons pour fixer approximativement la hauteur de l'atmosphère sont signalés, et on nous donne, des recherches qui ont porté sur sa couleur et sa composition chimique, un résumé très bien au point. Toutefois, la partie principale de ce chapitre est celle qui traite de la *réfraction*. Ici encore M. Maillard remonte aux origines et suit, dans l'exposé des lois de la réfraction simple, l'ordre historique : même surabondance de détails intéressants dans ces quelques pages qu'on lirait volontiers dans un traité de physique. Il aborde enfin la réfraction astronomique dont il établit l'équation différentielle. Son intégration exige la connaissance, qui nous manque, des relations qui relient entre elles, sur le parcours des rayons lumineux, les caractéristiques physiques (température, densité, ...) des couches d'air traversées : on y supplée par des hypothèses. Leur choix, inspiré par des lois physiques connues, est limité

par les exigences du calcul : il reste arbitraire, dans une certaine mesure, et fournit toute une série de théories apparentées qu'il faut soumettre au contrôle de l'observation. Aucune n'est absolument satisfaisante pour des observations faites très près de l'horizon. Par contre, toutes conviennent pour des distances zénithales inférieures à 75°. Jusque-là, la réfraction est donc pratiquement indépendante de la constitution physique de l'atmosphère. L'auteur signale quelques-unes de ces théories et achève son calcul en partant de l'hypothèse de Bouguer.

Le chapitre V est consacré aux corrections de la parallaxe et de l'aberration. Il y est traité successivement des parallaxes des astres du système solaire ; des parallaxes des étoiles et des méthodes employées pour les mesurer (détermination des positions absolues, procédé photographique) ; de la détermination astronomique de la vitesse de la lumière, et de l'aberration des étoiles.

L'étude des instruments et des méthodes d'observation est faite au chapitre VI. Parmi les instruments, les uns (gnomon, cadrans solaires,... pendules, chronomètres) ont pour but la mesure du temps ; avec les autres (instruments à pinnules, sextant, télescopes, héliostat, sidérostat, lunettes, héliomètre, instruments méridiens, zénithaux et équatoriaux), les lignes de visée sont précisées, la puissance de l'œil est augmentée et la mesure des angles rendue plus rigoureuse. — L'exposé est surtout descriptif et historique ; il ne comprend pas la théorie des instruments d'optique, et on n'y trouve pas non plus celle du niveau à bulle. Les méthodes d'observation portent sur la détermination du méridien : observations de la Polaire, méthode des hauteurs correspondantes et des digressions des circompolaires ; et sur la mesure des déclinaisons, des angles horaires et des ascensions droites.

Quelques exercices sont proposés à la fin de chacun de ces chapitres ou des paragraphes principaux, et on y a joint, très souvent, une liste d'ouvrages à consulter.

La seconde partie, *Astronomie descriptive et Astrophysique* comprendra : La Terre, le Soleil, la Lune, le Système planétaire, les Planètes, les Comètes et les Étoiles filantes ; les Étoiles, les Nébuleuses et les Hypothèses cosmogoniques. De cet ensemble, le premier chapitre seul, intitulé *La Terre,* fait partie du tome I.

On y rappelle les preuves ordinaires de sa sphéricité en y joignant celle que Charles Dufour a tirée de l'observation —

bien rarement possible — des images réfléchies à la surface d'une nappe d'eau de grande étendue, absolument calme — formant un miroir sphérique convexe — et en l'absence de toute réfraction anormale. Viennent ensuite les définitions des coordonnées géographiques et de brèves indications sur la détermination de la latitude et de la longitude. Elles sont suivies de notions sur la navigation astronomique. On y trouve l'explication de la méthode du Capitaine Sumner pour la détermination du point : toute observation d'une hauteur d'astre, à un instant quelconque, conduit à la détermination d'un petit cercle *(cercle de hauteur)* sur lequel se trouve l'observateur, et dont le chronomètre fixe le centre et le sextant le rayon. La construction des cartes géographiques n'est pas abordée, mais la géodésie est bien partagée : Historique intéressant, triangulation, nivellement; triangulation et nivellement de la Suisse. Les recherches relatives à la direction et à l'intensité de la pesanteur, et les résultats généraux qu'elles ont fournis, sont largement exposés ; on y a joint quelques indications sur le problème de la variation des latitudes.

Ici l'auteur élargit son sujet, et aborde, en géologue, la constitution interne de la Terre : ères géologiques, géothermie, séismes et volcanisme. Aux théories du volcanisme et des séismes sont liées les hypothèses de la déformation polyédrique, des soulèvements et des affaissements de l'écorce terrestre : M. Maillard en donne un bon résumé. Il le fait suivre d'un exposé, très bien renseigné, des recherches relatives à la densité moyenne de la Terre. Le dernier paragraphe est consacré à la rotation de la Terre. Les preuves qu'il expose sont celles que fournissent la forme aplatie du globe, la déviation vers l'est des corps tombant en chute libre (théorie et observations), le mouvement sur un plan horizontal, les expériences de Foucault et celles qu'elles ont provoquées (pendule et gyroscopes), les courants fluviaux et marins, et les courants atmosphériques.

On voit assez, par ces brèves indications, que l'ouvrage de M. Maillard est moins le développement méthodique d'un programme d'examen imposé à de futurs astronomes, qu'un livre de culture générale, écrit avec clarté, que tous les élèves des Facultés de sciences physiques étudieront avec profit, et qui par sa documentation très variée et de bon aloi intéressera tout homme instruit, curieux de données précises sur l'histoire de l'astronomie, de ses instruments, de ses méthodes et de ses conquêtes.

J. T.

VI

Elementi di Astronomia ad uso delle Scuole e per Istruzione privata, compilati dal P. Adolfo Müller d. C. d. G., professore di Astronomia nell' Università Gregoriana. Direttore dell' Osserv. Astron. sul Gianicolo. 2 vol. 12°. Vol. 1. Astrometria-Astromeccanica. 602 pages. 300 fig., 2 cartes (1904). Vol. 2. Astrofisica-Astrocronaca. 600 pages. 150 fig. (1906). — Rome, Desclée, Lefebvre et Cie.

Le R. P. Müller, bien connu par les articles scientifiques et historiques qu'il a publiés dans les Mémoires de l'Académie des Nuovi Lincei et dans diverses revues allemandes, vient de faire une œuvre utile et charitable en terminant la publication de son cours d'Astronomie. Ce cours, fruit de l'expérience que donne un long enseignement, se présente sous la forme de deux beaux volumes, fort bien imprimés et copieusement illustrés. Le but que l'auteur poursuivait était double : donner un traité classique d'astronomie qui pût servir à des professeurs, tout en permettant à des étudiants travaillant seuls de s'initier à cette science — puis montrer comment les progrès de l'astronomie, loin de nuire à la religion, tendent au contraire à apaiser le prétendu conflit entre la science et la foi, qui trouble tant d'âmes.

Pour atteindre le premier but, l'auteur s'est résigné à laisser de côté tous les calculs compliqués, s'astreignant à ne démontrer, dans les chapitres qui concernent l'astronomie sphérique, que les théorèmes indispensables. De cette façon le lecteur ordinaire ne se trouve pas rebuté, dès l'abord, et reste muni pourtant du bagage trigonométrique nécessaire, qu'il sera ensuite libre de compléter. L'écueil, dans un ouvrage élémentaire d'astronomie est la vulgarisation banale qui mêle, sans les distinguer, les données certaines avec les pures hypothèses. Grâce à l'ordre et à la méthode de l'auteur, cet écueil est ici fort heureusement évité.

Le second but que poursuivait le P. Müller était plus difficile à atteindre : faire de l'apologétique à propos de tout eût été ridicule ; dire la vérité est parfois bien délicat. Il s'agissait ici de montrer, incidemment, l'absence de toute contradiction entre les doctrines de l'Église et les données certaines de la Science, de revendiquer pour l'Église la gloire d'avoir concouru largement au progrès de l'esprit humain, et de rendre à des savants qui eurent le tort d'être prêtres ou religieux, le mérite de leurs

inventions et de leurs découvertes. L'auteur a fait tout cela d'une plume légère et courtoise, sans discussion, sans aigreur, par accumulation de faits, de textes, de dates précises. A ce point de vue, les notes bibliographiques et les documents justificatifs qui se pressent nombreux, au bas de presque chaque page, constituent une mine précieuse, en même temps qu'ils témoignent d'un souci d'exactitude et d'un travail de recherche considérables.

Le premier volume comprend l'astronomie sphérique et la mécanique céleste ; son principal mérite est d'être clair tout en restant élémentaire. Nous signalerons spécialement de nombreux et intéressants détails historiques sur les instruments astronomiques, et de nombreuses références à propos des divers systèmes planétaires et de la réforme du calendrier.

Le second volume est consacré presque tout entier à l'astrophysique. Les étonnants développements que cette science a pris depuis quelques années rendaient difficiles le choix et le classement des matériaux. L'auteur, grâce à d'heureuses divisions, est arrivé à mentionner et à suffisamment expliquer toutes les découvertes les plus importantes. Il rend compte des instruments et des méthodes successivement employés, dit ce qui revient de mérite à chacun des savants mentionnés, et surtout reconstitue bien les phases d'avance et de recul par lesquelles ont passé les différentes découvertes. Nous ne saurions trop louer cette méthode, adoptée si rarement dans les traités classiques, d'exposer la marche de la science d'une manière historique, telle qu'elle s'est effectuée dans le temps et l'espace : rien n'est aussi lumineux, parce que rien n'est plus vivant et plus humain. Le second volume du P. Müller acquiert, de par cette méthode, un intérêt continuellement soutenu qui le met bien au-dessus d'un livre d'étude ordinaire.

L'astrophysique est divisée en cinq parties. La première initie le lecteur aux instruments et aux méthodes photographiques, spectroscopiques et photométriques ; la seconde et la troisième traitent de la constitution physique des planètes ; la quatrième étudie les étoiles ; les découvertes récentes sur les étoiles variables y sont très nettement exposées. Une cinquième partie enfin résume nos notions sur les comètes, les étoiles filantes et la lumière zodiacale. L'ouvrage se termine par un chapitre sur l'origine et la structure du monde. Un appendice donne un *conspectus* général de l'histoire de l'astronomie.

A propos de l'exposé des systèmes cosmogoniques, qu'il nous soit permis de regretter de ne pas voir signalées, à la suite des

théories de Kant, Laplace et Faye, celles de M. l'abbé Moreux et du colonel du Ligondès, qu'il n'est plus guère permis d'ignorer.

Les deux volumes du P. Müller sont écrits en une langue souple et harmonieuse, rendue parfois légèrement oratoire par des réminiscences classiques et scripturaires, et pourtant sachant rester scientifique. Ce charme du style est bien fait pour attirer, plus nombreux encore, les lecteurs.

P. V.

VII

Observation, étude et prédiction des marées, par Rollet de l'Isle, ingénieur hydrographe en chef de la marine. Un vol. in-8° de 287 pages et 19 planches. — Paris, Imprimerie nationale, 1905.

Le problème des marées est un des plus beaux et des plus captivants de la Mécanique du globe; il a tenté les plus hauts génies mathématiques depuis Newton, qui, le premier, a saisi les causes principales du phénomène, jusqu'à Laplace, qui, par un prodigieux effort d'analyse, a su le réduire en formules, aujourd'hui encore utilisées pour en prédire les variations. La théorie mathématique qu'a ainsi édifiée l'illustre géomètre constitue un des chapitres les plus importants de la *Mécanique céleste*. Elle a, dans la période contemporaine, été développée, par divers géomètres dont les recherches ont été synthétisées par M. Maurice Lévy en un ouvrage fort savant, mais qui s'adresse plutôt aux mathématiciens (1). M. Rollet de l'Isle, qui dirige en France, avec une compétence incontestée, le service de la prédiction des marées, s'est proposé, sans rien négliger de ce que la théorie mathématique offre d'essentiel, de condenser, en un volume relativement peu étendu, toutes les notions qui, dans cet ordre de questions, intéressent la pratique. C'est ce volume que nous allons analyser; sans nulle banalité on peut affirmer qu'il est venu, au moins dans la littérature scientifique française, combler une lacune entre les exposés sommaires insuf-

(1) Analysé dans la Revue des Quest. scient., t. XLV, janvier 1899, p. 245.

fisants pour les spécialistes et les développements exclusivement théoriques qui ne s'adressent qu'aux seuls savants.

Comme ce sont, en somme, les données de l'observation qui dominent tout le sujet, M. Rollet de l'Isle débute très sagement par une description générale des divers modes d'observation, n'hésitant pas à entrer dans tous les détails pratiques dont son expérience personnelle lui a révélé l'utilité, notamment en ce qui concerne l'installation des échelles de marées et l'enregistrement des observations, et donnant une description très consciencieuse des différents appareils qui ont été mis en usage pour l'enregistrement automatique des variations du niveau de la mer ; marégraphes à flotteur (Service hydrographique ; Service des Ponts et Chaussées ; U. S. Coast and Geodetic Survey ; Indes Anglaises ; marégraphe à mercure de Nakamura ; etc.) et marégraphes à pression (Van Rysselberghe ; Honda ; Richard ; Service maritime de la Gironde ; Besson ; Favé ; Adolf Mensing), ces derniers pouvant servir à l'étude du phénomène par des fonds atteignant 150 ou 200 mètres.

Une fois connu l'outillage permettant d'observer, l'auteur décrit les phénomènes généraux mis en évidence par ces observations et entame l'étude des forces génératrices à l'intervention desquelles on en peut réduire l'explication mécanique. La corrélation évidente entre la grandeur et la périodicité du mouvement du niveau de la mer, d'une part, les positions relatives de la Terre, de la Lune et du Soleil, de l'autre, conduit à penser que le phénomène de la marée n'est que la conséquence d'une perturbation produite par ces deux derniers astres dans l'équilibre que prendrait la masse liquide qui recouvre la Terre si celle-ci était isolée dans l'espace. Le premier problème qui se pose consiste donc à étudier l'action d'un astre voisin de la Terre sur une particule libre à la surface de celle-ci. Après avoir formé le potentiel des forces résultant de l'action de l'astre (attraction exercée sur la particule et force d'inertie d'entraînement) en y introduisant la distance zénithale de l'astre, et l'avoir développé suivant les puissances de l'inverse de la distance, l'auteur se borne au terme principal (en tenant pour négligeable la quatrième puissance de la parallaxe) et discute les variations qui s'en déduisent pour les composantes verticale et horizontale de la force attractive. Cette première discussion suffit à montrer que les déplacements observés dans le phénomène des marées sont précisément de l'ordre de grandeur de ceux que doit entraîner, en vertu de cette explication mécanique, l'action combinée

de la Lune et du Soleil, et cela suffit pour fixer la cause principale du phénomène ; reste à en prédire les manifestations.

" La résolution de ce problème, dit M. Rollet de l'Isle, présente des difficultés de deux sortes : les premières viennent de l'inégale répartition de la masse liquide à la surface du globe, partagée en mers de forme et de dimensions différentes, de profondeurs variables et mal connues ; les secondes tiennent à ce que l'analyse est encore aujourd'hui impuissante à résoudre le problème même dans le cas le plus simple, celui d'un sphéroïde entièrement recouvert d'une couche liquide d'épaisseur uniforme. Mais, en se bornant au point de vue immédiatement pratique des prédictions, les principes que les tentatives théoriques faites pour le résoudre ont mis en lumière, sont devenus, grâce à des hypothèses que l'observation a vérifiées, les bases de méthodes qui donnent des résultats d'une étonnante précision. " Remarquons, en passant, que c'est là un des exemples les plus frappants de l'efficacité de la méthode mathématique dans le domaine des sciences physiques, alors même que les circonstances privent ses déductions d'un caractère d'entière rigueur. D'ailleurs, tout en faisant remarquer qu'il pourrait paraître suffisant de donner, sans démonstration, les formules qui servent de base aux méthodes de prédiction, l'auteur déclare qu'il lui a semblé préférable de montrer le lien, si relâché qu'il soit, qu'établissent les hypothèses admises entre les théories et les formules qu'il aura à appliquer, ce en quoi, pour notre part, nous estimons qu'il a eu grandement raison, car il n'est rien de si peu satisfaisant pour l'esprit que l'emploi de formules ne se rattachant à aucune conception théorique et apparaissant comme le fruit du pur arbitraire.

En premier lieu, il envisage la théorie donnée en 1687 par Newton dans ses *Principes de la Philosophie naturelle*, théorie dont nombre de gens ne possèdent que l'idée par trop sommaire qu'en donnent les ouvrages d'enseignement élémentaire. Elle suppose, comme on sait, que la couche liquide prend une figure momentanée d'équilibre (d'où son nom de théorie statique) mais avec un retard de trois heures environ (c'est-à-dire en prenant l'astre attirant dans la position qu'il occupait trois heures auparavant). En partant de l'expression du potentiel précédemment trouvée, l'auteur montre par un calcul simple comment cette hypothèse conduit, en première approximation, pour la surface d'équilibre des mers, à un ellipsoïde de révolution allongé dont l'axe passe par l'astre attirant.

Mais la théorie de Newton ne tient pas compte de la tendance qu'ont les molécules liquides sollicitées constamment vers une nouvelle position d'équilibre à la dépasser et à accomplir des oscillations réglées par les lois de la dynamique. C'est sous ce nouvel aspect que Laplace a envisagé le problème. Sa théorie (en raison de cela qualifiée de dynamique) passe à bon droit pour une des parties les plus ardues de la *Mécanique céleste*. Permettre au lecteur d'en pénétrer l'essence par un exposé clair et simple qui mette les grandes lignes en évidence, en écartant les détails analytiques au milieu desquels l'attention risque de s'égarer, telle est la tâche que s'est imposée M. Rollet de l'Isle et qu'il a réussi à mener à bonne fin. Admettant à titre de postulats les principes posés par Laplace touchant la périodicité des mouvements de la mer produits par une force perturbatrice périodique et la superposition des effets de plusieurs forces de cette nature, il fait voir comment l'expression du potentiel (où l'on introduit l'angle horaire et la distance polaire au lieu de la distance zénithale) comprend, pour chaque astre attirant, des termes de trois espèces, les uns variant lentement avec la distance polaire, les autres dépendant soit de l'angle horaire soit du double de cet angle.

De là également, dans l'expression générale de la marée, trois sortes de termes auxquelles correspondent les ondes à longue période, les ondes diurnes et les ondes semi-diurnes. C'est sur cette décomposition qu'est fondée la méthode de Laplace pour la prédiction des marées. Les constantes ainsi introduites étant, pour un lieu donné, déduites de l'observation, rien n'est, dès lors, plus facile que d'obtenir la hauteur de la mer en ce lieu à un instant quelconque ; mais ce qu'au point de vue pratique il importe surtout de connaître, ce sont les heures et les hauteurs des hautes et des basses mers, et là le problème se complique car il ne saurait être résolu que par approximations successives. L'auteur développe en détail cette solution dans le cas d'une marée semi-diurne seule (pratiquement, pour nous, riverains de l'Atlantique, le plus important) et recourt, pour en synthétiser la discussion, au moyen si parlant de la figuration géométrique (particulièrement élégante en ce qui concerne les variations des heures des pleines mers). Il montre ensuite comment il y a lieu d'en modifier les résultats pour tenir compte de la marée diurne. Si les amplitudes des deux marées sont comparables, la solution, dans le cas général, est absolument inextricable ; il faut, pour chaque cas rencontré dans la

pratique, recourir à des méthodes particulières; l'auteur indique celle que M. l'ingénieur hydrographe Héraud a employée avec succès pour les marées de Cochinchine. Sur nos côtes, l'influence de la marée semi-diurne étant, de beaucoup, prépondérante, l'application de la méthode de Laplace réussit particulièrement bien ; on néglige l'influence de la marée diurne sur les heures et on ne tient compte de son effet que sur les hauteurs.

Préalablement aux grands travaux de Laplace, Daniel Bernoulli, à l'occasion d'un concours ouvert en 1738 par l'Académie des Sciences de Paris, avait, en partant de la théorie de Newton, édifié une méthode qui, bien que d'une application restreinte, est loin de manquer de valeur puisqu'elle a servi de base à l'établissement, par Lubbock et Whewell, des tables anglaises de prédiction. M. Rollet de l'Isle en donne un résumé au cours duquel il remarque que Bernoulli, ce qui n'est pas un mince mérite, avait mis en évidence les notions relatives à l'âge de la marée, l'établissement du port, le coefficient et l'unité de hauteur, et il indique ensuite de quelle façon cette méthode a guidé les recherches empiriques de Lubbock et de Whewell d'où, comme nous venons de le dire, sont sorties les tables usitées en Angleterre.

Mais la méthode la plus féconde, celle dont l'application est la plus générale, est la méthode harmonique, qui résulte directement des principes posés par Laplace, mais qui n'a été explicitement formulée que beaucoup plus tard par Lord Kelvin en vue de surmonter les difficultés que soulevait le calcul des marées aux Indes. Théoriquement, elle consistait à rétablir dans le développement du potentiel, les termes que Laplace avait cru pouvoir négliger pour la marée de Brest en raison de la très notable prédominance, en ce point, de la marée semi-diurne. Pratiquement, elle se heurtait à la double difficulté de déterminer les coefficients et les phases de tous les termes périodiques intervenants et de reconstituer la hauteur du niveau par la somme de tous ces termes périodiques. Mais le génie, à la fois si profond et si pratique, de Lord Kelvin est parvenu à triompher de ces obstacles avec l'ingéniosité qui se retrouve dans toutes les inventions, si nombreuses et d'une si vaste portée, de l'illustre physicien et mathématicien anglais. La méthode harmonique peut d'ailleurs être aussi considérée comme la traduction analytique et la généralisation des anciennes méthodes de Lubbock et de Whewell. Mais, au point de vue mathématique, elle doit être surtout regardée comme une application — et l'une

des plus belles, à coup sûr, qui en aient été faites — de la fameuse formule de Fourier. Elle repose essentiellement sur le développement du potentiel en somme de termes périodiques à chacun desquels en correspond, dans le développement de la hauteur de la marée, un autre dont l'amplitude se déduit de celle du premier au moyen d'un certain facteur, la phase au moyen d'une certaine constante soustractive, dépendant l'un et l'autre des circonstances locales. Chacun des termes du second développement est considéré comme définissant une des ondes élémentaires dont la superposition produit la marée. La pratique a d'ailleurs permis de reconnaître que la reconstitution du phénomène était, en général, obtenue d'une façon largement suffisante au moyen de 14 ondes lunaires (8 semi-diurnes, 3 diurnes, 3 à longue période) et 6 solaires (3 semi-diurnes, 2 diurnes, 1 à longue période) qui toutes sont distinguées par une dénomination spéciale et désignées par une lettre qu'a consacrée l'usage. Il existe évidemment des relations entre les constantes introduites par l'analyse harmonique et celles que comporte la théorie de Laplace : âge de la marée, établissement du port, rapports des actions moyennes des deux astres, unité de hauteur, etc. Les principales sont mises en évidence par l'auteur.

Le calcul des marées de Brest présente une importance particulière non seulement parce que, depuis les belles recherches de Laplace, il sert de fondement à la prédiction du phénomène sur toutes les côtes françaises, mais encore parce qu'on en tire parti pour les autres points du globe où la méthode de Laplace est encore d'une application commode, c'est-à-dire où la marée semi-diurne est nettement prépondérante par rapport à la marée diurne. M. Rollet de l'Isle consacre donc un chapitre tout entier à la marée de Brest, faisant connaître en détail la méthode pratique que l'ingénieur hydrographe Chazallon a greffée, à ce propos, sur la belle théorie de Laplace.

Pour la prédiction de la marée en un point déterminé quelconque, la méthode de Laplace est, avons-nous dit, plutôt utilisable si la marée diurne est pratiquement négligeable auprès de la marée semi-diurne alors que la méthode harmonique est d'une application absolument générale ; mais comme celle-ci exige quinze jours au moins d'observations *continues*, que, d'autre part, la condition requise pour la validité de la première est fréquemment réalisée, l'auteur commence par l'exposer de façon très détaillée. Après avoir montré comment se déterminent

les caractéristiques de la marée semi-diurne, il développe les divers procédés permettant d'obtenir les prédictions ; le premier repose sur le calcul direct des formules, le second, où la géométrie vient très heureusement au secours du calcul, sur l'emploi de tableaux de concordance permettant de déduire soit les heures, soit les hauteurs des pleines mers de celles qui ont été obtenues directement pour un autre port ; l'auteur donne également quelques indications sur le procédé des annuaires anglais fondé sur l'emploi de certaines tables de corrections.

Lorsque les deux marées ont des grandeurs comparables, la méthode de Laplace ne reste efficace que dans des cas extrêmement rares (comme celui des mers de Cochinchine) alors que la méthode harmonique permet de résoudre le problème d'une façon absolument générale pourvu toutefois que l'on dispose d'observations préalables suffisamment longues et précises. Il s'agit, en effet, tout d'abord, d'effectuer l'analyse harmonique de la courbe de marées relevée pendant un certain temps de façon à déterminer les ondes élémentaires qui, par leur superposition, produisent l'onde marée. Cette analyse harmonique comporte divers procédés que l'auteur décrit en détail, et notamment celui de M. Darwin qui s'est, comme on sait, fait une spécialité de ce genre d'étude. Pour l'opération inverse consistant, par sommation des ondes élémentaires, à prévoir la hauteur de la marée pour un instant quelconque, Lord Kelvin a imaginé, sous le nom de *Tide predictor*, une solution mécanique extrêmement élégante, que rapporte l'auteur et sans le secours de laquelle l'opération fût restée tout à fait impraticable. Un exemplaire de la machine de Lord Kelvin fonctionne au Service hydrographique de Paris où elle sert à calculer les annuaires des colonies françaises des mers de Chine et de l'Océan Indien. Une variante de cette machine, due à M. Roberts, fonctionne aussi à l'India Office de Londres, pour le calcul des marées des Indes anglaises. On obtient par ce procédé une prédiction complète de la marée, c'est-à-dire la hauteur à un instant quelconque. Or, en pratique, ce sont surtout les pleines et les basses mers qu'il importe de connaître : ce renseignement se déduit bien évidemment de la courbe tracée par la machine de Lord Kelvin ; mais on peut l'atteindre directement sans recourir à une détermination aussi complète. L'auteur décrit, à ce sujet, la machine simplifiée imaginée en 1880 par M. Ferrel et qui fonctionne depuis 1882 à Washington pour les besoins du *Coast and Geodetic Survey*. Il donne aussi, pour le cas où la marée diurne a une amplitude

très petite relativement à la marée semi-diurne, le procédé de calcul de M. Darwin, fondé sur l'emploi des éléments que fournit l'analyse harmonique.

On peut enfin se proposer de calculer, à défaut d'un annuaire, une pleine ou une basse mer isolée. Pour ce problème M. Rollet de l'Isle indique plusieurs solutions dont l'une lui appartient en propre. Il fait voir enfin comment, dans le cas où l'on ne dispose que d'observations incomplètes (soit de moins d'une année d'observations de pleines et basses mers, s'il s'agit de la méthode de Laplace, de moins de quinze jours d'observations continues, s'il s'agit de la méthode harmonique), comment on peut néanmoins les utiliser en vue de la réduction des sondes d'un lever hydrographique.

Le phénomène des marées intéresse, en effet, particulièrement l'hydrographe pour la détermination de ce qu'on appelle le niveau de réduction des sondes, à partir duquel sont prises les cotes portées sur la carte des abords d'un littoral. Le niveau adopté, à cet effet, en France est celui le plus bas que la mer puisse théoriquement atteindre afin qu'en tout point le navigateur trouve en tout temps au moins autant d'eau qu'en indique la cote portée sur la carte. En Angleterre, on se borne à prendre le niveau des basses mers de vives eaux moyennes (qui, de fait, est rarement dépassé) afin de ne pas induire le navigateur en une défiance exagérée pour la plus grande part du temps, quitte à appeler son attention sur les précautions qu'il doit prendre aux époques de plus grand abaissement de la surface de la mer. L'auteur indique, pour les divers cas qu'offre la pratique, la façon dont on peut procéder à cette détermination.

Son ouvrage, sans négliger le côté scientifique de la question (en tant, tout au moins, qu'il intéresse les applications) visant, avant tout, un but technique, M. Rollet de l'Isle consacre un chapitre aux renseignements donnés dans les annuaires et sur les cartes, publiés surtout en France et en Angleterre, indiquant, de façon détaillée, comment il convient de s'en servir pour résoudre les problèmes courants de la pratique.

Pour la détermination du niveau moyen, qui intéresse particulièrement les opérations de nivellement géodésique, il décrit le marégraphe totalisateur de M. Reitz, qui conduit au résultat de façon purement automatique, ainsi que le médimarémètre de M. Lallemand qui, bien qu'exigeant une opération graphique complémentaire (fort simple, à la vérité, et susceptible d'être

effectuée au moyen d'un intégrateur), a l'avantage d'un établissement beaucoup plus facile et moins dispendieux.

Le phénomène des marées à l'embouchure des fleuves, où il se complique notablement du fait de la configuration des rives et des fonds entre lesquels il s'insère, offre un intérêt spécial tant pour la navigation que pour les travaux publics. M. Rollet de l'Isle, sans s'appesantir sur les théories encore assez flottantes en lesquelles on s'est efforcé de synthétiser cet ensemble fort complexe de faits, se borne à étudier les manifestations du phénomène et à tirer des résultats de cette étude les conséquences pratiques qu'ils comportent. Il s'inspire d'ailleurs, pour cet exposé, des remarquables travaux des ingénieurs des Ponts et Chaussées Comoy et Bourdelles, de même que, pour la solution du *problème des routes*, qui se pose aux navigateurs en ces parages, il utilise les importantes recherches de l'ingénieur hydrographe Manen. Il dit enfin quelques mots du mascaret, qui constitue la particularité la plus frappante des marées fluviales, mais sans insister sur les explications assez hypothétiques qui en ont été données par divers ingénieurs et dont la plus satisfaisante semble être celle qui a été proposée par M. Bazin.

Un non moindre intérêt s'attache à l'étude, fort complexe aussi, des courants de marée dont l'allure normale, telle qu'elle résulterait des seules influences astronomiques, peut être profondément modifiée par les circonstances locales. " L'étude des courants de marée sur les côtes, dit l'auteur, a une très grande importance, tant au point de vue de la navigation qui, dans certains chenaux, peut être arrêtée ou facilitée par ces courants, qu'au point de vue de l'amélioration ou de la construction des ports à établir sur ces côtes. Ces courants, en effet, sont, avec les vents, les grands agents de la transformation des rivages ; ce sont eux qui transportent les alluvions produites par la désagrégation des falaises ; ils peuvent, dans quelques cas, produire des atterrissements considérables ou, au contraire, des affouillements dangereux. Il est impossible d'établir un projet de constructions à la mer sans avoir des données précises sur les courants littoraux de marée dans le voisinage. „ L'auteur s'étend d'ailleurs particulièrement sur les courants de la Manche d'après les travaux de MM. Keller (à qui il emprunte d'intéressantes données historiques sur la question), Gaussin, Hédouin et le commandant Houette.

Diverses causes accidentelles, au premier rang desquelles il faut compter la pression barométrique et le vent, interviennent

pour fausser dans une certaine mesure les prédictions déduites des considérations purement astronomiques et il était intéressant à cet égard de confronter les résultats des observations avec ceux des formules. M. Rollet de l'Isle s'est lui-même particulièrement occupé de la question, en ce qui concerne le port de Brest, pour les années 1895 et 1898. Les courbes d'erreurs présentent bien l'allure caractéristique de l'exclusion de toute erreur systématique. Les écarts sur les heures restent, en valeur absolue, inférieurs à vingt minutes, cette limite étant d'ailleurs très rarement atteinte ; en ce qui concerne les hauteurs, les prévisions trop fortes sont prépondérantes pour les hautes mers, et c'est le contraire pour les basses mers ; les erreurs restent, au surplus, comprises entre + 35 et — 55 centimètres pour les pleines mers, + 30 et — 70 pour les basses mers. L'auteur dit enfin quelques mots des variations accidentelles du niveau de la mer connues sous le nom de seiches, et qui, d'après les travaux de M. Farel, semblent produites uniquement par des circonstances atmosphériques, ainsi que des raz de marée.

Si, au point de vue pratique, la connaissance qui importe le plus, et en vue de laquelle ont été dressés les annuaires, est celle des pleines et des basses mers, il est pourtant des circonstances où le besoin se fait sentir d'obtenir, en un point donné, la hauteur de la marée à un instant quelconque. La méthode harmonique, quand on peut l'appliquer, donne la solution du problème ; mais, dans les circonstances ordinaires, il s'agit de déduire, au moins approximativement, et par le procédé le plus simple et le plus rapide possible, le renseignement que l'on recherche des indications fournies par les annuaires. De nombreux procédés ont été proposés pour ce but. L'auteur rapporte ceux de Laplace (1810), Chazallon (1839), Whewell (1840), Airy (1842), Beechey (1848), Bouquet de la Grye (1868), Ploix (1876), Hanusse (1890) ; il termine par la description des abaques qu'il a construits lui-même pour cet usage et qui sont édités par le Service hydrographique français, et indique le principe de tables perpétuelles qui seraient, à ce point de vue, d'une grande utilité.

L'ouvrage se termine par une étude fort intéressante du régime de la marée sur les côtes de France bordant l'Atlantique et la Manche et qui peuvent se répartir en trois sections : de la frontière espagnole à Brest, de Brest à Cherbourg, de Cherbourg à la frontière belge. Pour chacune d'elles, l'auteur indique les principales particularités qu'offre le phénomène ; c'est d'ailleurs

dans la troisième que se rencontrent les plus grandes anomalies en raison de l'interférence qui se produit entre l'onde qui, après avoir atteint les Orcades, redescend le long de la côte Est de l'Angleterre, et celle qui remonte directement dans la Manche. L'auteur étudie d'ailleurs en détail, par une méthode en partie géométrique, le problème de la combinaison de deux ondes marchant en sens contraire dans un canal. Les points du littoral pour lesquels il indique les circonstances principales du phénomène sont, pour la première section, la Gironde, les Pertuis, la Charente, la Loire ; pour la seconde, Brest, Saint-Malo, Goury ; pour la troisième, la baie de Seine et la Seine. Ces descriptions physiques, jointes aux théories scientifiques, ajoutent notablement à l'intérêt du livre, qui, dans son ensemble, est peut-être le plus instructif qu'on ait encore écrit sur le sujet. Par la variété de ses enseignements, il est d'ailleurs susceptible d'intéresser un cercle de lecteurs plus large que celui des seuls spécialistes qui auront à le consulter, et avec le plus grand fruit, au point de vue technique.

M. O.

VIII

Étude expérimentale du Ciment armé, par R. Feret, ancien élève de l'École polytechnique, chef du laboratoire des Ponts et Chaussées de Boulogne-sur-mer (Ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie industrielle* fondée par M.-C. Lechalas). Un vol. in-8° de 777 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Il n'y a guère qu'une dizaine d'années que le ciment armé a pénétré dans la pratique courante du constructeur, mais son essor a été rapide, et, par la place qu'il est parvenu à se faire en si peu de temps, on peut juger de l'avenir qui lui est vraisemblablement réservé. Aussi l'étude de ses propriétés a-t-elle sollicité de nombreux ingénieurs, dont les travaux, publiés sous forme de volumes à part ou d'articles parus en divers recueils techniques, ont déjà donné naissance, comme on le verra plus loin, à une ample littérature. Chef, depuis vingt ans, du laboratoire créé à Boulogne-sur-mer par l'Administration des Ponts et Chaussées de France pour le contrôle et l'étude des chaux et ciments, M. Feret était particulièrement qualifié pour apporter

sa contribution à cette étude nouvelle. Non moins habile à manier la théorie qu'à exécuter les expériences et à poursuivre les conséquences de leurs résultats, il s'est trouvé à même d'envisager la question, des divers points de vue où elle se présente, avec une égale compétence ; aussi son œuvre est-elle de nature à intéresser à la fois ceux que sollicite plus particulièrement le côté théorique ou le côté pratique du sujet. C'est cette œuvre qu'il livre aujourd'hui au public sous forme d'un volume de près de 800 pages. Un travail de cette ampleur et de cette originalité ne s'analyse pas aisément en quelques lignes. Nous essaierons néanmoins d'en faire naître quelque idée en insistant de préférence sur les points où se manifeste plus spécialement la contribution personnelle de l'auteur, d'ailleurs fort importante dans l'ensemble.

En de telles matières, les développements théoriques n'ont de valeur que s'ils s'appuient sur l'expérience dont ils ont pour but d'ordonner et de synthétiser les résultats. L'auteur a donc fait sagement de consacrer la première partie (90 pages) de son ouvrage aux expériences comprenant les essais de rupture sous charges continuellement croissantes ou avec alternatives de chargement et de déchargement. Il consigne, chemin faisant, nombre de remarques, d'une grande importance pratique, auxquelles il a été personnellement conduit, notamment sur la nécessité d'étudier les déformations des poutres sous des charges inférieures à leur charge de rupture, sur les variations de l'élasticité du mortier suivant que, pour une charge donnée, il est ou non *parfaitement écroui*, sur la succession des états élastiques d'une poutre pour des valeurs de plus en plus fortes de la charge maximum, etc.

La deuxième partie, relative aux théories et aux calculs, est beaucoup plus étendue (240 pages). C'est là principalement que M. Feret a occasion de développer ses idées personnelles. Il fait d'abord un rappel des principes généraux de la résistance des matériaux pour en faire l'application à chacun des matériaux en présence considéré isolément, puis à leur ensemble.

L'étude de la rupture sous différents genres d'effort ayant particulièrement fixé l'attention de l'auteur, il développe, en la remaniant sur quelques points, la théorie à laquelle il avait été précédemment conduit et qu'il avait exposée, en 1900, devant le Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction. En s'inspirant des premières études de M. L. Durand-Claye, trop peu remarquées à l'époque de leur publication,

mais qui ont pris depuis lors, dans l'évolution de la science des essais, la place qui correspond à leur réelle importance, la théorie de M. Feret considère la rupture sans déformation permanente appréciable comme résultant dans tous les cas de la combinaison d'une action normale, d'une action tangentielle et du frottement (au besoin pris comme négatif dans certains cas particuliers) et aboutit à une formule absolument générale applicable à tous les genres d'effort possibles : traction, compression, flexion, cisaillement, etc. Cette théorie, habilement construite, indique chez l'auteur un esprit puissamment synthétique. Il a soin d'ailleurs de passer en revue les formules admises dans la pratique par divers auteurs pour montrer à l'aide de quelles simplifications on peut les rattacher à la formule générale et mettre en évidence les vérifications tirées des expériences décrites au début de l'ouvrage, de façon à préciser la mesure dans laquelle elles se peuvent justifier. Toute cette discussion, non moins critique que savante, est propre à éclairer la religion des ingénieurs appliqués à tirer parti de ce mode nouveau de construction.

Mais c'est peut-être davantage encore dans les solutions graphiques qu'il propose de substituer à des calculs nécessairement fort compliqués que s'affirme, avec une plus haute originalité, le remarquable talent de l'auteur, solutions qu'il développe d'abord dans le cas des poutres homogènes pour en faire ensuite l'extension à celui des poutres armées. Ainsi qu'il arrive toujours avec ce mode spécial de calcul, les discussions y prennent une forme véritablement lumineuse.

La marche forcément suivie dans le développement de toute théorie physique comportant, au début, diverses hypothèses simplificatives propres à rendre non seulement plus aisée, mais même simplement possible, la tâche de l'analyste, il y a lieu, pour serrer la réalité de plus près, d'introduire successivement divers éléments de complication en appréciant l'influence qu'ils peuvent exercer sur la forme des résultats tout d'abord acquis. Et c'est ainsi que procède M. Feret en ayant d'abord égard aux efforts répétés (ce qui le conduit encore à une solution graphique intéressante pour le problème des flexions répétées), puis à diverses causes d'erreurs relatives à la configuration de la poutre et de l'armature, aux efforts extérieurs, aux actions moléculaires internes, à l'hétérogénéité des matériaux, à l'influence de divers agents physiques (température, état hygro-

métrique, variations de volume du mortier pendant le durcissement).

La troisième partie (145 pages) peut être vraiment qualifiée d'œuvre de bénédictin, appelée à rendre d'inappréciables services et pouvant servir de modèle à des publications similaires visant un objet technique ; c'est une bibliographie générale du ciment armé dans laquelle l'auteur s'est efforcé de réunir tout ce qui, soit sous forme d'articles de périodiques, soit sous forme de brochures séparées, a été publié, dans une langue quelconque, sur le ciment armé et ses applications. Ce répertoire est d'ailleurs méthodiquement classé en cinq paragraphes principaux : généralités ; observations et expériences ; théories et calculs ; systèmes de construction ; applications. Eux-mêmes sont subdivisés en un certain nombre d'articles et, pour donner une idée du soin qu'y a mis l'auteur, nous ne croyons pouvoir mieux faire que de donner la nomenclature, fort instructive, d'ailleurs, par elle-même, des articles entre lesquels sont réparties les applications cataloguées au dernier paragraphe :

Dispositions pratiques et organisations de chantier. — Applications en général. — Poutres, dalles, hourdis, planchers. — Balcons, encorbellements, tribunes. — Toitures. — Escaliers. — Murs. — Piliers et colonnes. — Mâts et poteaux. — Cheminées d'usines, tours, phares. — Pilots et fondations. — Pavages, dallages, pistes. — Pierres artificielles et menus objets. — Maisons d'habitation ou de commerce. — Édifices publics. — Magasins et constructions industrielles. — Constructions militaires. — Chemins de fer. — Systèmes de traverses pour chemins de fer. — Divers travaux hydrauliques. — Grands barrages. — Murs de quai. — Consolidations de rives. — Couvertures de rivières. — Ponts et passerelles. — Voûtes, tunnels, conduites, tuyaux. — Réservoirs, cuves, silos. — Diverses autres applications.

Cette liste, outre qu'elle témoigne du souci d'ordre que l'auteur a apporté dans l'élaboration de cette bibliographie si complète, permet d'embrasser d'un coup d'œil le cycle des applications si variées du ciment armé, et c'est aussi ce qui nous a engagé à la reproduire ici.

La quatrième partie (280 pages), bien que présentée à titre d'annexe, offre une importance intrinsèque et comporte des développements tels qu'il y a lieu d'y insister non moins que sur la portion principale de l'ouvrage ; elle a trait surtout aux recherches personnelles de l'auteur touchant les diverses résis-

tances des mortiers et bétons. Les premiers travaux de M. Feret sur ce sujet, disséminés jusqu'alors en diverses publications, sont ici synthétisés et complétés par de nombreuses recherches nouvelles, qui forment du tout un ensemble homogène et présenté dans un ordre méthodique.

L'auteur traite en premier lieu des résistances à la compression. La contribution personnelle la plus originale qu'il y a apportée vise la prévision des résistances. Il est parvenu, en effet, à donner une formule, fondée sur la considération des volumes absolus occupés dans le mortier ou le béton frais par les différents éléments constituants, qui permet de comparer approximativement les résistances à la compression qu'atteindront, au bout d'une même durée de conservation dans des conditions identiques, tous les mortiers ou bétons composés avec le même liant. M. Feret complète d'ailleurs son exposé de principes par le compte rendu de nombreux essais auxquels il s'est livré dans des conditions diverses, essais qui, pour la plupart, constitueront aux yeux des gens techniques une nouveauté et leur apporteront, en ce qui concerne l'influence de la répétition des efforts, des enseignements analogues à ceux que nous devons à Wöhler relativement aux métaux. Notons en passant que l'auteur fournit quelques indications touchant la compression par chocs, qui ne semble pas avoir été beaucoup étudiée jusqu'ici.

Les résistances au cisaillement et au poinçonnage n'ont pas moins attiré les vues de l'auteur et, dans le chapitre qu'il leur consacre, il met en évidence le fait intéressant qu'elles sont proportionnelles à la résistance à la compression, ce qui apporte la confirmation par l'expérience de certaines idées théoriques émises dans la seconde partie de l'ouvrage.

En revanche, les résistances à la traction et à la flexion, sur lesquelles l'auteur s'étend ensuite longuement, et qui sont proportionnelles entre elles, ne le sont pas à celles du groupe précédent.

Il convient de signaler d'une façon toute spéciale la méthode nouvelle proposée par M. Feret pour les essais de flexion et qui est caractérisée par la constance du moment. Dans les anciennes méthodes intervenaient des efforts parasitaires susceptibles de masquer les effets que l'on voulait réellement constater. Au contraire, dans les essais sous moment constant, dont l'auteur donne une justification rigoureuse, la partie où se fait la rupture est absolument soustraite aux efforts qui se développent dans le voisinage des points de contact de l'appareil d'essai et du prisme

soumis à l'épreuve. M. Feret donne, au surplus, toute sa mesure comme expérimentateur en se livrant à une étude détaillée de toutes les influences avec lesquelles il faut compter pour en déduire une méthode qui, au mérite d'éliminer autant que possible toute action perturbatrice, joint celui d'être d'une exécution absolument simple. Il faut avoir été aux prises avec des difficultés analogues à celles qu'il a si bien vaincues pour apprécier toute l'habileté qu'il a déployée en cette partie de ses travaux.

Comme dans le cas de la compression, il esquisse un mode de prévision des résistances à la flexion, mais les résultats ici obtenus ne sont pas encore d'une aussi parfaite netteté. Il fournit aussi des indications sur les essais de flexion par chocs qui offrent un certain caractère de nouveauté.

Le dernier chapitre est consacré à une question qui n'avait pas encore, que nous sachions, été élucidée à ce point, celle de l'adhérence des mortiers et bétons aux autres matériaux. Il n'a, en effet, jusqu'à présent été tenté que fort peu d'essais dans cette voie. L'étude générale entreprise par M. Feret n'en est que plus intéressante. Il y fait ressortir pour la première fois la nécessité d'avoir égard à deux sortes d'adhérence, l'une normale, l'autre tangentielle, et parvient à une formule identique à celle qu'il a précédemment mise en évidence dans l'étude de la rupture, à cette différence près que l'adhérence y remplace la cohésion. Toutefois la tentative de vérification expérimentale qu'il fait connaître aurait besoin de recevoir encore quelques perfectionnements.

Il est remarquable que l'étude des méthodes propres à effectuer la détermination de l'adhérence normale aboutit à un dispositif identique à celui proposé pour les essais à la flexion. En analysant d'ailleurs, de manière approfondie, les diverses influences auxquelles il faut avoir égard dans ces essais, l'auteur est conduit à nombre d'indications d'un haut intérêt pratique.

La détermination de l'adhérence tangentielle ne comporte pas encore toute la précision que l'on souhaiterait de réaliser et ne conduit conséquemment pas encore à des conclusions suffisamment fermes.

M. Feret étudie à part les influences qui interviennent dans l'adhérence tangentielle de divers mortiers soit à des pierres, soit au fer. Dans ce second cas, on retombe sur le sujet même auquel est consacré l'ensemble du volume ; aussi l'auteur s'y étend-il particulièrement, multipliant les indications sur toutes les circonstances dont peut dépendre le degré d'adhérence des

bétons à leurs armatures, notamment sur la manière dont le ciment armé se comporte dans divers milieux, tels que l'eau douce, l'eau de mer, une atmosphère plus ou moins humide, soumise ou non aux intempéries ou à d'importantes variations de température.

Tel est, en ses grandes lignes, le livre à la fois original et savant que M. Feret vient d'offrir aux ingénieurs. Il marquera certainement une époque dans l'histoire du ciment armé et contribuera à préparer les surprises que ce nouvel élément de construction nous réserve encore.

M. O.

IX

Traité pratique d'électrochimie, par Richard Lorenz, professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich, directeur des laboratoires d'électrochimie et de chimie physique. Refondu d'après l'édition allemande par Georges Hostelet. Un vol. in-8° de vi-324 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Ce livre, comme l'indique son titre, n'est pas une simple traduction de l'édition allemande parue en 1901. Celle-ci était principalement destinée à des commençants et comprenait uniquement le programme d'expériences que l'auteur faisait exécuter à cette époque par les élèves électrochimistes de l'École polytechnique fédérale de Zurich. Dans cette édition française au contraire, les auteurs, comme ils nous le disent dans la préface, ont cru opportun de refondre l'ouvrage en adoptant un point de vue plus systématique. Ils ont voulu associer aux moyens d'éducation pratique une méthode d'enseignement progressif au laboratoire, tant pour faire comprendre l'esprit des théories que pour apprendre à trouver en elles un guide de travail expérimental.

C'est pourquoi la première partie est précédée d'une introduction donnant les notions générales sur l'électricité, l'état d'électrisation, les courants électriques et leurs effets, les générateurs et les récepteurs, le rendement des machines électriques, la force électromotrice de polarisation et les unités pratiques d'électricité. Une introduction à la 2de partie nous donne des notions générales de mécanique chimique.

Ce n'est pas chose aisée de donner d'une façon succincte et

suffisamment claire à la fois ces notions sur l'énergétique, la thermodynamique et les équilibres chimiques : les auteurs cependant semblent y avoir réussi, étant donné que cette édition française n'est plus destinée à des commençants. L'ouvrage lui-même renferme 65 exercices d'électrochimie divisés en trois parties. La 1re partie qui étudie d'une façon plus élémentaire les lois et les réactions fondamentales, explique avec assez de détails les méthodes de mesures électriques : mesure de l'intensité d'un courant ; mesure de la résistance d'un électrolyte au moyen du pont de Wheatstone ; mesure enfin de la différence de potentiel entre deux points d'un circuit.

Des exercices spéciaux indiquent différents procédés d'étalonnage d'un ampèremètre ; l'ajustement d'une résistance : l'emploi d'un voltmètre comme ampèremètre ou comme résistance, etc.

La section II de cette première partie examine les conditions et les dispositions favorables à la réalisation d'une transformation électrochimique déterminée d'abord si cette réaction est obtenue par une réaction primaire ; ensuite si elle l'est par une réaction secondaire.

La seconde partie, qui donne la théorie de l'électrolyse, est divisée elle aussi en deux sections.

La section I traite de la dissociation électrolytique des solutions aqueuses ainsi que de leurs facteurs d'équilibre en phases homogènes. Elle fait évaluer ensuite leurs résistances spécifiques aux déplacements provoqués par le passage du courant à travers l'électrolyte. Dans les exercices de la section II on détermine en premier lieu les lois des variations des tensions de polarisation d'une transformation électrochimique à l'une ou à l'autre électrode ; et ensuite, par l'étude de l'influence de la densité du courant, on évalue les forces retardatrices.

Enfin la 3me partie traite de l'électrochimie appliquée, de l'analyse électrochimique et de la production électrochimique des corps.

Beaucoup de ces exercices, ceux notamment qui caractérisent les principes des théories admises sont précédés d'un exposé sommaire, qui en montre la portée. Nous pourrions répéter ici ce que nous avons dit de l'exposé des théories. Un très grand nombre de ces exercices sont d'une manipulation difficile, quelques-uns exigent même une habileté plus qu'ordinaire.

Les auteurs, comme ils le disent dans la préface, n'ont pas la prétention de donner un exposé complet de la matière. D'amples renseignements bibliographiques tant au bas des pages que dans

un appendice spécial, renseignent d'ailleurs complètement le lecteur qui voudrait étudier plus à fond un domaine spécial de l'électrochimie.

J. P.

X

Le Bois, par J. Beauverie (1), avec une préface de M. Daubrée, conseiller d'État, directeur général des Eaux et Forêts. Compact in-8° de xi-1402 pages en deux fascicules, le premier pp. 1 à 704, le deuxième pp. 705 à 1402. Avec 485 figures, dont 16 hors texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1903 (De la collection *Encyclopédie industrielle*, fondée par M. Lechalas, inspecteur général des Ponts et Chaussées).

La littérature forestière, depuis quelques années surtout, s'enrichit de nombreux ouvrages. Déjà nous avons eu l'occasion d'attirer l'attention — et d'y insister — sur le travail encyclopédique en matière forestière de M. Huffel, professeur à l'École des Eaux et Forêts de Nancy, *Économie forestière*, dont deux volumes sur trois ont paru jusqu'à présent.

Le travail de M. Beauverie, dont le titre précède, est plus spécial, encore que non moins savant et non moins approfondi. Il envisage et étudie à tous les points de vue, aussi bien dans sa constitution intime que dans son mode de formation et ses emplois industriels et commerciaux, cette marchandise universellement répandue et base d'industries si nombreuses et si variées, qu'on appelle *le bois*.

Un tel sujet se rattache nécessairement à l'art forestier comme à la science forestière elle-même. Celle-ci, toutefois, n'y concourt que, en quelque sorte incidemment, comme un élément, essentiel il est vrai, du sujet principal, non comme ce sujet lui-même. La forêt, la sylviculture proprement dite, y occupe un chapitre; l'abatage et la traite des bois un autre; et ces deux chapitres sont loin d'être les plus importants. En revanche, de vastes développements sont donnés à ce qu'on pourrait appeler la physiologie du bois, à ses caractères et propriétés chimiques

(1) Docteur ès sciences, chargé d'un cours et des travaux de botanique appliquée à l'Université de Lyon, préparateur de botanique générale.

et physiques, au commerce de cette marchandise, aux défauts et altérations auxquels les bois sont exposés, aux procédés employés pour prolonger leur conservation. L'étude des bois industriels et des essences qui les produisent, comme aussi leur production dans les cinq parties du monde et dans nos colonies, complètent cette œuvre monumentale.

Ayant ainsi donné un très sommaire aperçu de l'ensemble de l'ouvrage, il ne sera pas sans intérêt de l'examiner avec quelque détail.

Les " Chapitres „ — ils seraient beaucoup mieux désignés sous l'appellation de " Livres „, celle de " Chapitres „ et de " Paragraphes „ étant réservée à leurs nombreuses divisions et subdivisions — les " Chapitres „, disons-nous, sont au nombre de treize.

I. Le premier est un véritable traité de physiologie végétale, avec application spéciale au tissu ligneux. des principales essences. Commençant par la description de la cellule puis des diverses variétés de fibres et de vaisseaux et décrivant leur rôle dans la formation du bois sous l'action de la sève, l'auteur explique la formation des couches concentriques annuelles avec distinction des formations printanière (vaisseaux) et automnale (fibres) : ce mode de développement est déterminé dans nos climats tempérés par la succession régulière des saisons froide et chaude. Dans les pays tropicaux ou subtropicaux, il n'en est plus de même ; les alternatives de séries pluvieuses et sèches, pouvant se reproduire plusieurs fois dans la même année, ne permettent plus de se servir de ce mode d'appréciation.

La formation et l'accroissement de l'écorce des arbres, la naissance et le développement du tissu subéreux aux dépens du parenchyme de celle de plusieurs d'entre eux, sont présentés, de même au reste que les exposés qui précèdent, avec de nombreuses figures dans le texte à l'appui. Il en est de même d'une dernière et fort intéressante division, qui a pour objet la reconnaissance des qualités des bois d'œuvre par l'étude anatomique, au besoin aidée du microscope, de sections longitudinale et horizontale prélevées sur des bois de chaque essence.

II. Pour la composition particulière et les propriétés chimiques, notre auteur admet, en chiffres ronds et conformes à la moyenne, les proportions suivantes : 40 % d'*eau*, 1 de *cendres* et 59 de *principes élémentaires*.

La teneur en eau varie avec les essences, avec les parties de l'arbre considérées, avec la saison d'abatage, la durée de dessiccation à l'air libre, écorcé ou non, débité ou non. Sans nous arrêter aux très nombreux chiffres donnés à l'appui de ces assertions, fondées toutes sur des observations fréquentes, arrivons aux cendres du bois.

L'analyse dernière de celles-ci, allant jusqu'à la décomposition des corps en combinaison dont elles se composent, donne : soufre, phosphore, chlore, silicium, potassium, calcium, magnésium, fer, sodium, plus, dans quelques cas d'ailleurs très rares, aluminium, barium, zinc, etc. De la proportion de ces divers corps dans les principales essences de bois, des nombreuses expériences citées et des chiffres en résultant, nous retiendrons seulement cette remarque fort curieuse, déjà signalée par MM. Fliche et Grandeau, à savoir que l'impuissance du pin maritime et du châtaignier à croître en un sol d'une teneur un peu forte en calcaire, tiendrait moins à la présence du calcaire lui-même qu'à l'insuffisance de potasse, la teneur des sols en cette matière étant généralement en raison inverse de celle de la chaux.

Ce sont les quatre principes élémentaires de toute végétation qui, dans les parties jeunes du bois, comme l'aubier par exemple, forment, par leurs combinaisons, les nombreuses substances que fait naître ou entretient la vie même de la plante, telles tout d'abord que le protoplasma, matière vivante de la cellule, la glucose, l'amidon, le tanin, les résines, les huiles. C'est encore de là que viennent les odeurs suaves émises par certains bois, désagréables par d'autres. Parmi ces derniers, citons le nerprun purgatif *(Rhamnus cathartica)*, la bourdaine *(Frangula vulgaris)*, le cerisier à grappes *(Cerasus padus)* ; parmi les premiers nommons entre autres : les bois de rose *(Convolvulus floridus, C. Scoparius)*, le bois de violette *(Acacia homalophylla)*, le palissandre *(Machaerium)*, les bois de santal *(Santalum, Erimophila, Myoporum)*. Les bois colorés qu'utilise souvent la teinture sont également nombreux : bois jaunes, bois rouges, bois roses, bois noirs, dont l'énumération nous entraînerait trop loin.

La cellulose et ses dérivés, les principes pectiques et les matières incrustantes produites par la végétation closent le chapitre second avec grande abondance de détails et exposé d'expériences les concernant.

III. Le chapitre suivant, qui a pour objet les caractères et propriétés physiques des bois, a une importance industrielle considérable. Les questions de la densité, de la dureté, de l'homogénéité des différents bois, de leur coloration, de l'aptitude à la fente, sont traitées de la manière la plus pratiquement scientifique. A propos de la coloration, l'auteur s'élève, non sans quelque raison, contre la qualification de *bois blancs* appliquée aux bois tendres, attendu que la teinte blanche domine en des bois très durs comme le charme et le robinier par exemple. Aussi adopte-t-il, dans un chapitre ultérieur, une classification toute différente en " bois durs ", " bois blancs " (comprenant plusieurs bois durs), " bois fins " et " résineux ". Malgré tout, telle est la force de l'habitude que, selon toute probabilité, la vieille démarcation en *bois durs* comprenant tous les bois durs, et en *bois blancs* comprenant tous les bois tendres, persistera dans la pratique.

Mais ce qui donne au chapitre qui nous occupe son plus grand intérêt, ce sont les renseignements, tous établis par le calcul et appuyés sur de multiples expériences, concernant la résistance des bois à toutes les forces qu'ils ont à subir : pression, traction, torsion, frottement, etc., et, en second lieu, leurs propriétés calorifiques. On trouve là, en ces deux ordres de faits, les données les plus précises et les plus complètes qu'il soit possible de réunir avec, à l'appui, les chiffres les plus solidement établis.

IV. Rien de bien saillant à signaler dans le chapitre qui suit, intitulé : " Production des bois. La forêt. " C'est un abrégé des données les plus générales de la sylviculture, établi d'après les bons auteurs, mais où une place trop grande nous paraît accordée aux arbres exotiques. Non pas que nous les repoussions en principe et absolument, mais parce que leur introduction dans nos climats ne doit être tentée qu'avec prudence et circonspection : toute essence exotique ne se *naturalise* pas, c'est-à-dire ne se reproduit pas d'elle-même et sans le secours de l'homme. Tel est le cas, au moins sur bien des points, du fameux Wellingtonia ou *Sequoïa gigantea* qui, d'ailleurs, ne paraît pas devoir réaliser chez nous les formidables dimensions de ses pareils de Californie. Enfin il arrive fréquemment que les essences importées ne présentent plus, dans leur bois, les qualités de leur pays d'origine.

Relèverons-nous en passant deux inadvertances ? Le mot

féminin *cépée*, employé au masculin (p. 193), et (p. 214) le *Taxodium distichum* dénommé en français : cyprès *cahux* au lieu de cyprès *chauve*.

V. Sobrement exposé et clairement détaillé est le chapitre sur l'abatage et la traite des bois. Les modes de procéder et l'emploi des machines et appareils y sont appuyés de figures dans le texte qui en rendent l'intelligence facile, même à qui serait étranger à ces matières.

VI. Sous le titre de " Commerce des bois ", il est traité de plusieurs sujets assez sensiblement différents : exploitation commerciale de la forêt; cubage des bois; usages commerciaux; prix des bois ; droits de douane et données statistiques. On voit par là en quel large horizon l'auteur envisage tout ce qui concerne, dans toutes les directions et à tous les points de vue, une matière première si abondante dans la nature et si nécessaire à l'homme.

VII. Bien plus étendu encore est le chapitre suivant — le Livre, devrions-nous dire — consacré aux altérations et défauts des bois d'œuvre. Ces défauts proviennent de causes innombrables. Les unes tiennent à la végétation des arbres eux-mêmes sous l'action notamment de l'inégale participation aux agents atmosphériques, par la formation des nœuds, etc., etc. D'autres sont dues à la végétation de plantes associées comme le lierre, les clématites et les chèvrefeuilles grimpants, ou de plantes parasites comme le gui et l'innombrable série des végétaux cryptogamiques : bactéries, champignons, agarics. Un troisième ordre de causes réside dans le règne animal : mammifères, oiseaux et surtout l'innombrable classe des insectes, les uns s'attaquant aux feuilles, d'autres au bois, aux bourgeons, aux racines ou à l'écorce : coléoptères, hyménoptères, lépidoptères, termites, sans parler de certains crustacés et des tarets qui attaquent, en mer, le bois des bateaux. Enfin les agents physiques, vents, neiges, givre, verglas, grêle, foudre, avalanches, cyclones, froids excessifs et extrêmes sècheresses. Toutes ces causes agissent chacune à sa manière, d'où toute une classification, avec dessins à l'appui, des tares qui en résultent, et indication des moyens de reconnaître à la vue extérieure si tel bois donné est taré ou non.

VIII. Quand des bois ont échappé ou résisté à toutes ces causes d'altération et sont abattus parfaitement sains, ils n'échappent point, comme toute chose d'ailleurs ici-bas, à l'action du temps. Tout s'use, se décompose et périt à la longue. Le bois périt de vieillesse par la décomposition de ses tissus ; il peut périr aussi par l'attaque de champignons parasites ou d'insectes. Mais on peut retarder très sensiblement l'effet de cette action inévitable : 1° en empêchant la circulation de l'air dans le bois on obvie à l'oxydation lente de ses tissus ; 2° en le débarrassant de tous ceux de ses éléments qui peuvent être un aliment à des micro-organismes vivants, ce à quoi l'on parvient par plusieurs moyens : séchage naturel à l'air libre ou artificiel par la chaleur ou la ventilation ; séchage par immersion dans l'eau, celle-ci dissolvant peu à peu tous les liquides séveux contenus dans le bois et s'évaporant promptement une fois hors de l'eau ; destruction de l'amidon contenu dans la tige de l'arbre par l'annélation du tronc au-dessous de la naissance des branches au printemps précédant l'automne de l'abatage. — Un troisième moyen de conservation du bois consiste à introduire dans ses fibres et ses vaisseaux, des matières antiseptiques qui en font un milieu impropre à entretenir la vie. Les systèmes et procédés en cet ordre sont nombreux. S'il s'agit d'une pénétration superficielle, on peut recourir à la carbonisation extérieure, au goudronnage, aux enduits à l'huile ou autres substances, à l'immersion à froid ou à chaud dans un bain antiseptique. Quand on veut obtenir la pénétration profonde ou complète de la matière antiseptique dans le bois, on recourt à l'injection. Les méthodes d'injection sont nombreuses et varient aussi avec la nature de l'agent antiseptique employé.

Mieux encore, on arrive à rendre le bois incombustible par l'*ignifugation,* et à recouvrir d'une légère couche de métal divers objets usuels ou d'usage courant, c'est la *métallisation* des bois.

Les 20 dernières pages de cette division considérable sur la *Conservation des bois* qui n'en contient pas moins de 134, forment le début du Fascicule II, commençant à la page 705 ; et l'on se demande avec curiosité pourquoi ces 20 dernières pages n'ont pas été ajoutées au Fascicule I, lequel aurait été le *Tome Ier*.

Ce " fascicule I „ se termine par un commencement de phrase : " Tous les „, sur lequel se ferme la converture. Et le " fascicule II „, à la suite du faux-titre et du titre, débute, tout au

haut de la page 705, par la suite de la phrase : " mois, on porte la solution à l'ébullition, etc. „

Cette bizarrerie sera aisément réparée par le relieur qui pourra sans peine mettre les choses au point en ajoutant au fascicule I les 20 premières pages du fascicule II.

IX. La division suivante contient dans une " Première partie „ comprenant les bois indigènes ou naturalisés, l'étude physiologique et détaillée de toutes les essences avec indication des maladies et des ennemis propres à chacune d'elles. C'est ici que se rencontre la classification nouvelle dont il a été parlé plus haut. Dans les *bois durs*, l'auteur comprend : les chênes, le hêtre, le châtaignier, le noyer, les frênes, les ormes et les mûriers. Ses *bois blancs* sont le charme, les érables (deux catégories d'essences qui sont cependant des bois durs), les aunes, le bouleau, le coudrier (un demi-dur), le platane, le robinier (il est bien tout à fait dur, celui-là), les tilleuls, les saules, les peupliers et le marronnier. Après, viennent les *bois fins*; d'abord les fruitiers amygdalés : amandier, pêcher, cerisiers, prunier, abricotier : puis les pomacés : néflier, épine blanche, coignassier, poirier, pommier, sorbiers et alisiers. Ensuite ce sont les deux cornouillers, puis le buis, le houx, l'olivier, l'ailante, le micocoulier et une foule de morts-bois.

Parmi les résineux, M. Beauverie donne les monographies physiologiques et anatomiques de huit pins (sylvestre, de montagne, loricio, etc.), du sapin, de l'épicea, du mélèze, du cèdre du Liban (qu'il ne paraît pas séparer des types, cependant bien distincts, de l'Atlas et de l'Inde), des genévriers, des thuyas et de l'if. C'est dans cette division que se trouvent les gravures hors texte représentant des arbres dans tout leur aspect.

Là ne s'arrête pas le " Chapitre IX „. Une " Deuxième partie „ qui suit se rapporte aux " Bois exotiques d'importation „ et se subdivise suivant qu'il s'agit de *Bois exotiques d'ébénisterie*, de *Bois exotiques de service ou de construction* et enfin de *Bois de teinture*.

Parmi les premiers, passons les acajous vrai *(Swietenia Mahogoni)* et faux (*Cedrela odorata*), le palissandre (*Machaerium*), les ébènes (*Diospyros* ou *Plaquemiers* divers). Mais pourquoi l'auteur, qui fait un éloge d'ailleurs mérité du tulipier (*liriodendron tulipifera*), le range-t-il parmi les bois d'ébénisterie, puisque son usage habituel, dans son pays d'origine, paraît être un emploi de charpente et de menuiserie dans la

construction des maisons? Le gayac (*Guaiacum officinale*, arbre subtropical, bois très dur, plus lourd que l'eau (densité = 1,38), sert pour les usages où, sans employer le métal, on veut néanmoins une grande solidité. Les noyers et caryas d'Amérique, les bois de l'ordre des cupressinées, genévriers, thuyas, callitris; les bois de *citron* et ceux, fort différents, du citronnier et de l'oranger ; les bois dits de rose et les bambous, — sont les plus saillants parmi la multitude de ceux que décrit notre auteur et que nous ne saurions mentionner tous.

Le pitchpin, le teck et deux eucalyptus, le Jarrah et le Karri représentent les bois de service et de construction... Nous avons eu déjà l'occasion d'exposer ici-même que bien des espèces de pin fournissent ce qu'on appelle le pitchpin, *Pinus australis*, *P. tæda*, *P. ponderosa* (1). M. Beauverie y ajoute le sapin ou tsuga de Douglas dont il fait grand éloge et qu'il signale, d'après M. D. Cannon, comme " cultivable en France sur une grande échelle ". Je ne demande pas mieux ; mais, pour ma part, malgré divers essais, je n'ai jamais pu réussir une plantation d'*Abies Douglasii* (2).

Le bois du teck, *Tectona grandis* (verbénacées), arbre hindou qui demande une température moyenne de 20° C., contient dans ses tissus une huile résineuse, grâce à laquelle il résiste à l'humide, au sec, et même au taret, ce rongeur des navires. Aussi est-il d'un grand emploi dans les constructions navales de tout ordre ; et notre auteur en fait-il l'objet d'une monographie très étendue.

Les eucalyptus, dont l'Australie compte 150 espèces différentes, fournissent le Karri et le Jarrah, qui, par leurs qualités remarquables, feraient dans certains cas concurrence au bois de teck lui-même.

Les bois de teinture, dont l'importance a beaucoup diminué depuis la découverte de l'aniline, sont principalement le campèche (*Hæmaloaglon campechianum*) du Mexique ; les cachous (*Acacia catechu* et autres); les bois rouges du Brésil, le santal, etc.

X. La production du liège, sa récolte, ses emplois, sujet dont nous avons eu déjà l'occasion d'entretenir nos lecteurs, mais

(1) D'aucuns ont même prétendu que l'on pouvait faire de bon pitchpin avec *P. maritima*, crû et exploité dans certaines conditions.

(2) D'autre part, M. Beauverie ne mentionne pas l'*Abies Nordmaniana*, qui se recommande par sa rusticité, sa résistance aux gelées et la riche ampleur de son feuillage.

traité ici avec toute l'ampleur que comporte un véritable traité, occupent le " chapitre X ".

XI. Suit l'exposé général d'abord, puis détaillé pour chacun des pays civilisés des cinq parties du monde, de la production du bois dans l'univers, avec une division sur l'insuffisance de cette production d'après M. Mélard, sujet déjà traité ici-même en janvier 1901, et sur lequel nous ne nous arrêterons pas.

XII. Les bois des colonies françaises sont l'objet d'un examen détaillé comme, dans le chapitre précédent, ceux des différents peuples. Enfin le chapitre XIII et dernier étudie l' " Utilisation des bois " classés par l'auteur en *Bois d'œuvre* (charpente, traverses, poteaux télégraphiques, étais de mine, etc.) ; *Bois de travail* (sciages, tour, sculpture, tabletterie, etc.) ; *Bois d'industrie* (pâte à papier, cellulose, celluloïd, soie artificielle) ; *Bois de combustion* (feu, charbon, briquettes de sciure, distillation par carbonisation en vase clos).

Tel est le résumé très sommaire de ce vaste ouvrage. A une ou deux exceptions près, chacune des grandes divisions appelées *chapitres* dont il se compose, constituerait à elle seule un traité spécial et complet. Un tel travail fait le plus grand honneur à celui qui l'a conçu, en a patiemment réuni les matériaux épars et les a mis en œuvre en un style clair, facile et toujours attachant dans sa forme didactique.

C. de Kirwan.

XI

Traité d'exploitation commerciale des bois. Tome Ier (1), par Alphonse Mathey, inspecteur des Eaux et Forêts. Préface de M. Daubrée, directeur général des Eaux et Forêts. Un vol. in-8° de XVIII-488 pages, avec 377 figures dans le texte et 8 planches en chromolithographie. — Paris, Lucien Laveur, 1906.

Bien que s'occupant de plusieurs des questions traitées dans le précédent ouvrage, celui-ci, enfermé dans un espace plus restreint et d'ailleurs conçu sur un plan différent, est loin de

(1) Constitution. — Défauts et maladies des bois. — Conservation. — Emmagasinage et traitements préservatifs. — Exploitation des bois. — Les transports.

faire double emploi avec le premier. Le premier est assurément l'œuvre d'un savant de marque, ayant expérimenté au laboratoire et mis en œuvre d'innombrables documents. Le second est aussi l'œuvre d'un savant, mais d'un savant qui, tout en ayant utilisé, lui aussi, plusieurs sources, a observé, étudié, et souvent même pratiqué sur place ce qu'il nous enseigne.

Avant tout forestier, mais forestier ayant parcouru de nombreuses régions, c'est moins, cependant, au point de vue du forestier que s'est placé M. Alphonse Mathey, qu'au point de vue industriel de l'exploitant, du marchand de bois.

Honoré, comme *Le Bois*, d'une Préface de M. Daubrée, conseiller d'État et Directeur général des Eaux et Forêts, le *Traité d'exploitation commerciale des bois* se présente au public, ainsi que l'ouvrage qui l'a précédé, avec l'approbation de la plus haute autorité existant en la matière.

Son " Tome premier „ comprend cinq " Livres „ se rapportant respectivement à la *Constitution* des bois, à leurs *Défauts et maladies*, à leur *Conservation, emmagasinage et traitements préservatifs*, à leur *Exploitation* et à tout ce qui concerne leurs *Transports*.

On voit, par cette énumération, quelles sont les analogies et les différences de ce volume avec le travail précédent, dont notre auteur ne paraît pas d'ailleurs avoir eu connaissance.

Différences et analogies ressortiront mieux encore de la rapide analyse qui va suivre.

Visant surtout à être pratique, M. Alph. Mathey néglige l'examen microscopique des tissus ligneux, plus applicable au laboratoire que sur le parterre d'une coupe, et se borne à l'examen qu'il appelle *macroscopique*, c'est-à-dire pratiqué par l'œil nu ou armé seulement de la loupe. Ceci posé, il donne pour chaque essence, le dessin très soigné d'un échantillon de bois prélevé suivant trois faces : section *transversale*, c'est-à-dire normale à l'axe de la tige ; section *radiale*, c'est-à-dire longitudinale dans le sens des rayons ; section *tangentielle* à la circonférence d'un des cercles d'accroissement annuel.

Chacun de ces dessins — il y en a 21 — est accompagné d'un texte explicatif des détails de chacune des trois faces.

Cette étude macroscopique est suivie d'un exposé des " Propriétés physiques, mécaniques *et chimiques* des bois „, que complète un chapitre sur la " Constitution chimique du bois „. Les propriétés chimiques telles que les odeurs communiquées aux bois par les acides et les huiles essentielles que leurs tissus

contiennent, ou par les produits volatils qu'ils fournissent, ou encore leur plus ou moins d'aptitude à l'injection des matières antiseptiques, tout cela est autre chose que l'ensemble des substances dont tout bois est composé, savoir : eau, cellulose, vasculose, matière incrustante, amidon, etc., et enfin cendres qui sont le résidu des matières minérales s'ajoutant, en plus ou moins fortes proportions, au surplus.

Limité par l'espace, nous ne pouvons qu'indiquer, malheureusement sans entrer dans le vif, tous ces sujets traités avec la compétence de l'observateur et du savant.

Mais une partie de l'ouvrage sur laquelle nous ne saurions trop attirer l'attention, c'est le Livre II, où sont décrits, jusque dans leurs plus minimes détails, les défauts et les maladies des bois. Nous avons vu, en parlant de l'ouvrage de M. Beauverie, quelles sont les innombrables causes de ces défauts et de ces altérations; M. Mathey les répartit en cinq classes : les *défauts* physiques, les blessures, les *maladies* physiques, les maladies parasitaires et enfin les piqûres et vermoulures sur les bois abattus. Il communique le fruit de ses sagaces observations, non seulement par un texte descriptif très complet, mais encore par des dessins qu'il a tracés lui-même et dont 45, hors texte et coloriés, composent les huit planches en lithochromie annoncées dans le titre. 71 autres figures dans le texte ajoutent un surcroît de clarté aux descriptions écrites.

Si ce qui précède intéresse tout autant le forestier que le marchand de bois, ce qui suit, sans être assurément indifférent au premier, est avant tout profitable au second.

En effet, une fois le bois abattu et débité en marchandise, c'est l'intérêt de l'acheteur, et de lui seul, d'employer les meilleurs modes de procéder pour empêcher cette marchandise de se détériorer, la préserver autant que possible de toute atteinte. Ces moyens sont nombreux, soit en mettant en œuvre les agents naturels comme l'air et l'eau, soit en recourant à des moyens artificiels comme les enduits, le flambage, l'emploi des matières antiseptiques par immersion ou injection.

Il est vrai que l'*Exploitation*, objet du Livre IV, intéresse, considérée en elle-même, au moins autant le forestier que l'exploitant. Mais comme celui-ci est soumis à un cahier de charges très sévère et supporte, de son fait même, d'assez lourdes responsabilités, il a tout avantage à être très exactement renseigné. Et c'est pourquoi l'auteur se place à ce point de vue.

Celui-ci nous permettra-t-il, à propos de la saison la plus

favorable à la coupe des bois, une petite critique de détail? Il repousse l'opinion des anciens quant à l'influence de la lune sur la végétation, et fait état, notamment, de la fameuse consultation donnée à ce sujet par Arago en 1832. Mais il a été répondu depuis, que la dissertation sur ce point du grand Astronome péchait par la base. Il avait réuni et mêlé les observations faites sur les deux hémisphères, lesquelles, donnant des résultats en sens inverse de l'un à l'autre, avaient fourni à Arago une somme algébrique égale à zéro. M. Henri de Parville a établi cela jadis dans diverses chroniques politiques du CORRESPONDANT, du JOURNAL DES DÉBATS et autres. Rien donc à conclure de l'opinion de l'illustre astronome. M. Mathey est sans doute plus heureux quand il cite les expériences de Duhamel en France et de Burgsdorf en Allemagne, lesquelles prouvent que la qualité du bois abattu est indépendante de la lunaison.

Mais on oublie que ces expériences ont porté sur des bois exploités en hiver, parce que, en Europe comme dans tous les climats de la zone tempérée, on exploite les bois en automne et en hiver quand le monvement de la séve est arrêté. Il résulte incontestablement de ces expériences, que la lune n'a aucune influence sur la végétation et par suite sur l'époque de l'abatage du bois, par l'excellente raison que cet abatage a lieu quand la végétation est arrêtée. Mais cela ne prouve pas que, durant l'activité de celle-ci, le cours de la lune n'ait sur elle aucune influence. D'après M. Henri de Parville, cette influence serait réelle dans la zone intertropicale où la végétation est en activité constante.

Cela n'a du reste pas grand intérêt pratique pour nous, puisque, dans nos climats, on n'exploite guère en temps de séve. Mais il nous a paru que, proclamée d'une manière générale et sans aucune restriction, cette négation de l'influence de la lune était trop absolue.

Le travail de l'exploitation des coupes de bois n'est pas moins présenté avec un détail d'informations au double point de vue cultural et des règlements administratifs à observer, qui ne laisse rien à désirer. La description des outils et appareils divers employés dans tous les pays, avec dessins les représentant, complète cette division de l'ouvrage.

La cinquième, consacrée aux *Transports*, occupe plus du tiers du volume. Elle est du plus grand intérêt pour les exploitants, comme aussi pour les propriétaires de forêts; car le débouché des produits a sur leur valeur une importance considérable.

L'auteur en décrit sept ou huit catégories, et il le fait avec une *maestria* qui dénote autant les aptitudes et les connaissances de l'ingénieur que celles du forestier. C'est d'abord le transport sur essieux, c'est-à-dire par charrois avec matériel roulant de toutes formes suivant la nature des produits et des voies de communication. C'est ensuite le flottage soit par radeaux pour planches et billes ou grumes, soit à bûches perdues pour le bois de chauffage (1).

Le *schlittage* est un autre mode de transport des bois usité seulement là où il a sa raison d'être, soit dans les pays de montagne, et particulièrement dans les Vosges et dans les Alpes allemandes. Il consiste essentiellement en des traîneaux dont la forme varie suivant qu'il s'agit de pièces de bois ou de bois de chauffage et qu'un homme conduit sur des pentes variant de 20 pour cent, limite inférieure à 50 pour cent, limite ne pouvant être dépassée. Le rôle du conducteur est de diriger le convoi en le retenant plutôt qu'en le tirant. Des traverses en bois disposées le long du chemin permettent au conducteur de prendre à chaque pas un point d'appui, en s'arc-boutant contre la tête de schlitte.

Tous les pays de montagnes ne sont pas munis de chemins de schlitte et nantis des appareils appropriés ; et d'autre part, dès que la pente dépasse 50 pour cent, ce mode de transport ne saurait plus être employé sans danger. On a recours alors à des *glissoirs*. Elémentairement ces glissoirs, appelés aussi *drayes*, ne sont que les sillons naturels creusés par les eaux suivant les lignes de plus grande pente, le long desquels les pièces de bois sont plus ou moins maltraitées par les heurts d'une voie aussi primitive et n'arrivent à la vallée qu'en assez mauvais état. Les divers perfectionnements qu'on leur apporte au moyen parfois de véritables travaux d'art la transforment en *rièses* sèches ou *à eau* pour les longs parcours avec faibles pentes.

Le téléphérage (Τῆλε, au loin ; φέρειν, porter) est un mode de transport relativement nouveau mais très usité, paraît-il, en Suisse et en Autriche, dans les parties de montagne où l'installation de chemins ou de rièses est impossible. Il consiste dans l'emploi de câbles et fils de fer partant de points élevés au-dessus d'une pente extrême ou d'un rocher à pic et aboutissant à une station plus basse, souvent par dessus ravins ou rivières.

(1) Le bois de chauffage aussi se transportait en radeaux sur l'Yonne, il y a une trentaine d'années.

Tel est le principe.

Quant aux différents modes d'emploi pour faire glisser les charges de bois le long du câble, ils varient suivant les circonstances locales comme aussi selon la nature et le poids de la charge. L'auteur les décrit en grand détail toujours avec figures, et aussi calculs et tableaux à l'appui.

Il est un sixième mode de transport, lequel est précieux dans les pays où manquent encore les voies de communication et peut aussi rendre service, comme moyen économique, dans d'autres régions. Il consiste dans ce qu'on appelle les *Porteurs :* soit *sur rails*, en bois comme les décrit un auteur allemand cité par notre auteur, M. Frankhauser, ou bien en fer suivant le fameux procédé Decauville ; soit en employant les *plans inclinés automoteurs* à deux voies comme en installe également la maison Decauville ; soit enfin sur *morails* pour les bois longs, comme cela se pratique en Amérique. Dessins, devis, calcul de tous les éléments de ces divers dispositifs, accompagnent invariablement les descriptions.

Enfin lorsque, par ces différents moyens de transport hors forêt, les bois sont réunis en chantier pour être expédiés ensuite plus ou moins loin, il y a les transports *par eau* c'est-à-dire sur canaux, et par chemins de fer. Le dernier chapitre, affecté à ces deux moyens de communication, donne l'indication des démarches à faire pour les utiliser, des règlements de circulation à observer, des prix de revient par unités de poids et de distance, enfin de toutes les formalités à accomplir vis-à-vis de grandes administrations comme celles des Compagnies de chemins de fer.

Là se termine le tome Ier du *Traité d'exploitation commerciale des bois*. Le tome II, en préparation, comprendra tout ce qui concerne le débit des bois : Bois de feu, charbon, bois à défibrer, petits bois d'industrie, grumes, charpentes, sciages, merrains, petites et grandes industries forestières.

On voit par ce qui précède que le travail de M. Alph. Mathey, plus spécial et moins étendu que celui de M. Beauverie, est aussi plus pratique si l'on se place, comme l'a voulu l'auteur, au point de vue particulier de l'exploitant et du propriétaire.

C. de Kirwan.

XII

Le Domaine et la Vie du Sapin autrefois et aujourd'hui et principalement dans la région lyonnaise. Essai de monographie dendrécologique avec tableaux, cartes et dessins hors texte, par Cl. Roux, docteur ès sciences, lauréat de la Société nationale d'Agriculture, membre de la Société forestière de Franche-Comté, membre et lauréat de plusieurs sociétés savantes de la France et de l'Étranger, etc. Un vol. grand in-8° de 148 pages. — Lyon, Association typographique.

Ce titre, un peu touffu, implique non seulement une excellente monographie du *Sapin (Abies pectinata*, DC.), mais encore d'intéressantes données sur nombre d'autres essences forestières plus ou moins associées au sapin ou envisagées comparativement à lui.

De la " Région lyonnaise „ comprenant le Lyonnais, le Beaujolais, le Forez, le plateau central, région explorée en entier par l'auteur, celui-ci rayonne sur les autres contrées de la France et de l'Europe en tout ce qui concerne la flore forestière ligneuse et principalement *Abies pectinata*.

Après une *Introduction* sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure, l'auteur partage son sujet en trois parties dont deux, de beaucoup les plus importantes, la seconde surtout, sont affectées : la première à l'*Exposé des faits* quant au domaine du sapin " autrefois „ (c'est-à-dire aux temps géologiques) et " aujourd'hui „ ; la seconde, à l'*Interprétation des faits* quant à l'aire actuelle de cette essence.

L'Introduction, tout en exposant l'objet de l'ouvrage et les caractères botaniques du sapin, nous donne en même temps la définition de divers termes qui reviennent souvent dans le cours de l'ouvrage et qui, bien qu'usuels parmi les botanistes de profession, peuvent être moins familiers à d'autres personnes. Tels : la *Phytécologie* (Φυτόν, plante, arbre, végétal ; οἶχος, maison, demeure), autrement dit la géographie botanique ; l'*Ecologie* (même étymologie, sans doute, moins φυτόν) d'une signification analogue ; la nutrition *mycorhizienne* (Μύκης, champignon ; ῥίζα, racine) des plantes sylvicoles, la *mycorhize* étant une sorte de mycelium entourant comme d'une gaine les radicelles de certains arbres, nommément du sapin ; enfin la *mycotrophie* (Τροφή, nourriture), c'est-à-dire le concours de

certains champignons à la nutrition des plantes, qui a fait plus spécialement l'objet des recherches personnelles de l'auteur.

L'exposé très détaillé des caractères du sapin non seulement au point de vue strictement botanique, mais aussi comme aspect général, dimensions et mode d'origine, complète l'Introduction.

La répartition des *abiétinées* aux différentes époques géologiques à partir du carbonifère supérieur et jusqu'au pliocène et au quaternaire interglaciaire, n'occupe que de courts passages dans la première partie. — C'est la situation forestière au point de vue du sapin en tant qu'essence exclusive, dominante ou mélangée, dans les sept groupes dont se compose la France continentale et la Corse, qui occupe le plus grand nombre de pages de cette partie de l'ouvrage : Plateau central, Pyrénées, Alpes, Jura, Vosges, Normandie et Bretagne et enfin la Corse, sont examinés département par département, parfois par arrondissement communal, le tout résumé dans un tableau d'ensemble et représenté graphiquement par deux cartes coloriées, renvoyées à la fin du volume.

La Deuxième Partie, où sont exposées les " Influences écologiques d'où résulte l'aire actuelle du sapin „, est, comme on l'a dit, de beaucoup la plus considérable. Elle représente l'objet même de l'ouvrage, tout ce qui précède en représentant plutôt les préliminaires.

L'auteur y répartit ce qu'il appelle les " facteurs écologiques „ en trois catégories : phytécologiques, édaphiques (Ἔδαφος, sol) ou géiques (Γῆ, terre) et *biotiques* (Βίος, vie) ou *animés*.

Dans la première, sont rangés les facteurs *climatiques* ou géographiques comprenant les éléments climatériques, climatologiques et météorologiques. Ils sont " géographiques „ en ce sens que leur action s'exerce à la fois sur de grandes étendues continentales. Pour apprécier leur influence sur le sapin, l'auteur se livre d'abord à des considérations d'ensemble sur les climats en général, où sont signalés les climats suivants : *megathermes* (plaines tropicales) ; *scérophiles* (déserts sans froid hivernal) ; *des Steppes* (déserts à hivers rigoureux) ; *mésothermes* allant de la culture du camélia à celle des céréales ; *microthermes* (grands bois feuillus, bouleau, hêtre, sapin) ; *hékistothermes* (Ἥκιστος, moindre, plus petit) ou froids, sans autre végétation que celle des pâturages ; et enfin climat du *froid éternel* où cesse toute végétation.

De ces vues d'ensemble, l'auteur passe aux climats *anciens*,

c'est-à-dire à ceux des diverses époques géologiques en France et en Europe jusques et y compris la période glaciaire, et enfin aux climats actuels et à l'influence, sur le sapin, de la température, de l'humidité, de l'état de l'air atmosphérique. L'auteur insiste avec raison sur la somme d'humidité nécessaire à cet arbre, qui ne recherche pas le froid comme on est porté à le croire ; un climat froid mais sec ne lui conviendrait pas. Il lui faut, au contraire, une certaine somme de chaleur annuelle, qui d'ailleurs ne doit pas être dépassée.

Il est un point de détail où nous devrons nous séparer de M. Roux. A l'occasion de l'influence de la lumière sur le sapin, il écrit : " C'est un fait connu depuis longtemps que les conifères peuvent végéter dans des conditions d'insolation défectueuses. „ L'assertion est beaucoup trop générale : vraie pour le sapin et l'if (*Taxus baccata*. Lin.), elle est fausse pour la plupart des pins, pour le mélèze, pour les cèdres, qui sont, les uns et les autres, *arbres de lumière*. L'épicéa lui-même, qui requiert quelque ombrage durant les premières années à la suite de sa sortie de terre, ne supporterait pas, comme l'if et le sapin, un couvert prolongé.

Nous voici maintenant arrivés à l'influence, sur la végétation du sapin, de facteurs *édaphiques* ou *géiques*, qui ne sont autres que le relief du sol, l'altitude, l'exposition, la composition chimique tant minérale qu'organique du terrain. Les premiers : relief, altitude, exposition, varient leur action suivant la latitude et suivant aussi la direction des vents dominants ; et l'auteur cite, à l'appui, ce qui se passe dans différents pays, principalement du Plateau central et de la région lyonnaise.

Parmi les facteurs *biotiques* ou *animés*, M. Roux distingue les influences des autres végétaux, herbacés ou ligneux, des animaux et enfin de l'homme, celui-ci agissant tantôt comme destructeur, tantôt comme conservateur ou propagateur. Nous n'entrerons pas dans le détail de cet excellent chapitre, où nous signalerons cependant, en passant, le paragraphe relatif à la symbiose mycotrophique et aux associations mycorhiziennes non seulement du sapin mais aussi des autres conifères et même de plusieurs arbres ou arbrisseaux feuillus. Nous relèverons toutefois, à propos de la soi-disant " Lutte du Sapin et du Hêtre „, une assertion des plus contestables à nos yeux.

" De toutes les plantes avec lesquelles le sapin peut se disputer le terrain, dit l'auteur, le hêtre est, sans contredit, la plus redoutable pour lui. „ Affirmation beaucoup trop absolue

et que repousse, dans sa généralité, l'expérience pratique. L'auteur se fonde sur cette considération théorique que tous deux, hêtre et sapin, sont mycotrophes et manifestent à peu près les mêmes exigences quant aux conditions de chaleur, d'humidité et d'exposition.

D'ores et déjà, l'on pourrait logiquement conclure de cette similitude d'exigences, que ces deux essences doivent prospérer là où elles rencontrent ensemble les conditions de prospérité que toutes deux réclament. Mais il y a plus : sans nous prévaloir de nos observations personnelles durant trente-quatre années de service extérieur, nous pouvons citer deux autorités que ne récusera pas notre savant contradicteur : le *Cours de culture des bois* de Lorentz et Parade, qui préconise le mélange du sapin avec le hêtre comme des plus favorable à leur commune végétation (p. 269 et suiv. de la 5e édition), et *Le Traitement des bois en France*, de M. Ch. Broilliard, qui est également favorable à ce mélange (pp. 266-267 de la 2e édition). Il est vrai que les forestiers (et nous-mêmes avons été dans ce cas) dirigent les exploitations dans les forêts mélangées de sapin et de hêtre, autant que possible de manière à sacrifier le hêtre au profit du sapin. Mais le but de cette manière de faire n'a rien de cultural ; il est exclusivement économique, le sapin, à égalité de dimensions, ayant une valeur double et plus de celle du hêtre.

Le volume se termine par une Troisième Partie consacrée à une étude comparée du sapin avec les autres arbres, feuillus ou résineux, tant sous le rapport de la végétation que sous celui de la valeur marchande, suivie de quelques considérations sur l'utilité des forêts de conifères au multiple point de vue économique, climatologique, hygiénique et esthétique.

Une bibliographie des plus détaillées forme annexe à la fin du volume avec les cartes coloriées et dessins hors texte dont il a été parlé.

C. de Kirwan.

XIII

Les tremblements de terre. Géographie séismologique, par F. de Montessus de Ballore. Préface par M. A. de Lapparent, de l'Institut. Un vol. in-8° de 471 pages, 89 figures et 3 cartes. — Paris, Arm. Colin, 1906.

Les manuels, les traités, les atlas qui ne sont pas vieux de cinquante ans, nous montrent par des graphiques suggestifs la conception simpliste qu'on avait alors de la constitution interne du globe terrestre. C'était, pensait-on, un noyau igné fort important avec, par dessus, une croûte solide. Cette croûte subissait la poussée du magma en feu et toujours en travail, qui tantôt la bosselait en forme de montagnes, et qui tantôt parvenait à la déchirer et à s'épancher à la surface en coulées plus ou moins importantes. Le feu intérieur était le grand agent — si non l'unique — de tous les bouleversements de la surface terrestre et spécialement des tremblements de terre (séismes) qui si souvent répandaient la terreur et la mort.

Depuis lors, les choses ont singulièrement changé de face. La masse terrestre n'est plus cet édifice homogène où les strates s'étagent dans une régularité presque continue depuis le granit jusqu'aux alluvions modernes en passant par les témoins des âges successifs de la terre. Il ressort de la synthèse des progrès immenses de la Géologie, que l'ensemble du sol que nous foulons n'a aucune homogénéité et que l'on a bien fait de le comparer à une *marquetterie* dont les compartiments juxtaposés, différents de structure et de composition, ont joué les uns par rapport aux autres dans des proportions qui défient toute imagination. M. de Lapparent le dit fort à propos dans la préface de cet ouvrage : le *plancher des vaches* ne jouit nullement de cette stabilité indéfinie sur laquelle le vulgaire est si accoutumé à compter.

Au lieu d'une enveloppe boursouflée par des ardeurs internes, il semble bien plutôt que l'écorce terrestre soit une pelure toujours trop ample pour le noyau qu'elle recouvre. On conçoit ainsi qu'il se crée en dessous d'elle de fréquents *appels au vide.* L'écorce s'effondre d'une part et s'élève de l'autre : en un mot, elle se ride. Pour peu que la rigidité de la matière ou l'amplitude du mouvement ne répondent point aux exigences locales, il se forme des déchirures, voire des lignes de fracture, par où l'activité interne peut librement se manifester.

Il suit de tout ceci, que le volcanisme n'a pas avec les phénomènes séismiques le lien qu'on lui attribuait autrefois. Il n'est plus la *cause,* il devient un *effet.* Là où la croûte de la terre aura subi de tels entraînements qu'elle se sera profondément déchirée, il sera possible au feu intérieur de monter et de couler à la surface avec plus ou moins de continuité.

Les études de Suess, de Marcel Bertrand et de bien d'autres

ont solidement assis ces conceptions et leur ont fait prendre place dans l'enseignement d'aujourd'hui. Si fondées que soient ces conclusions, il est heureux de constater qu'un travail de pure statistique, conduit sans relâche pendant de longues années et fait en dehors de toute idée préconçue, vienne apporter un appui indiscutable à cet édifice scientifique.

Nous nous rappelons avec émotion la visite que nous fîmes, il y aura bientôt dix ans, aux précieuses archives de M. de Montessus. C'était à Vannes. M. de Montessus n'était pas encore géologue — et cela même donne une singulière valeur à son " travail de bénédictin „ fait en dehors de toute préoccupation pour assurer le triomphe de telle ou telle théorie. Notre confrère collectionnait les renseignements précis au sujet de tous les tremblements de terre. L'immense accumulation remplissait une bibliothèque couvrant tout un pan de mur. Chaque séisme s'y trouvait renseigné avec les meilleures sources et classé par distribution géographique. Comme séismographe, M. de Montessus n'était plus un inconnu. Grâce à sa prodigieuse connaissance des langues, il avait pu recueillir ses renseignements aux quatre coins du monde et en publier déjà les synthèses locales dans la langue même de chaque pays.

La statistique était mûre. Elle était si complète qu'il s'en dégageait déjà comme l'indication d'une portée plus large. L'auteur sentait que pour faire porter tous les fruits à ses efforts il fallait un nouveau travail. Le travail ne l'a jamais effrayé. Il se mit donc à approfondir la géologie.

A mesure que sa science s'éclairait, il comprit qu'il fallait superposer ses documents statistiques aux données fournies par les cartes et les descriptions géologiques des différentes régions du globe.

Cette méthode était la bonne : elle devait aboutir à mettre définitivement en lumière la connexion intime qui existe entre la structure tectonique de la terre et la répartition des séismes à sa surface.

La contraction du noyau intime de la terre, nous le disions tout à l'heure, amène la croûte solide à se plisser et se fracturer dans un mouvement proportionnel. Et l'on conçoit aisément que les matériaux rigides qui la constituent ne puissent pas subir des froissements aussi profonds sans que des ébranlements se manifestent dans toute la masse : sans qu'il se produise des *tremblements de terre*. D'autre part, les lignes suivant lesquelles se sont une fois produits des plissements et des déchirures sont

et restent des points faibles, aux environs desquels des mouvements consécutifs pourront continuer à se produire plus aisément. C'est le principe de la *survivance des plissements* si manifestement établi et si lumineusement confirmé par l'ouvrage qui nous occupe.

Mais passons à l'ouvrage lui-même. L'introduction est si bien faite, elle synthélise si nettement l'ensemble du travail, que nous en conseillons vivement la lecture à tous ceux qu'on appelait pittoresquement autrefois les *Naturae curiosiores*. Un coup d'œil aux deux premières planches hors texte en fera ressortir l'intérêt.

L'étude d'ensemble du globe a amené le géologue à y tracer les lignes de grands cercles (géosynclinaux) suivant lesquelles les mouvements tectoniques plus récents se sont davantage accusés. Il y a le cercle alpin ou méditerranéen, le cercle circumpacifique et l'amorce d'un troisième que M. de Montessus appelle mozambique. Or il s'est fait — et c'est là le résultat qui est le plus d'intérêt général — que sur les 171 000 séismes étudiés par l'auteur, plus de 90 % viennent se placer dans cette région des hauts profils dont la géologie affirme l'instabilité. Répétons aussitôt — afin de bien mettre en lumière cette nouvelle idée — que si les volcans actifs se localisent également sur le même tracé, ce n'est point qu'ils soient en rien la cause ni de la surrection des chaînes, ni des ébranlements séismiques, mais tout simplement, parce qu'ils ne peuvent exister que là où la croûte terrestre est assez déchirée pour permettre aux masses ignées internes de se manifester.

Si nous comparons maintenant les observations recueillies sur les diverses aires ainsi dessinées sur la surface terrestre, il appert que le grand massif appelé par l'auteur le continent Nord-Atlantique est d'une stabilité relative des plus suggestive. Ce sont les grands massifs calédoniens et hercyniens, les premiers plissés à l'aurore des temps géologiques qui ont eu le temps de se tasser et ne manifestent plus que par de rares secousses le souvenir de leur antique vie, pour ainsi dire épuisée.

Il en va tout autrement du géosynclinal alpin où les chaînes de montagnes se sont constituées bien plus récemment. Là, les mouvements séismiques doivent être plus intenses et plus nombreux : la théorie le veut et l'observation le confirme.

Une observation analogue s'impose pour toute la bordure du grand effondrement pacifique. Si ce mouvement semble s'être dessiné dès le début de l'histoire géologique du globe, il n'en

reste pas moins évident que sa *survivance* est des plus active. Les bourrelets de montagnes qui le bordent tout le long de l'Amérique, nous le prouvent sans conteste et les lamentables désastres de San Francisco et du Chili sont venus, terribles, en établir hier encore la réalité.

Le texte aussi bien que les planches nous suggèrent d'intéressantes réflexions au sujet du géosynclinal mozambique. Il n'est qu'amorcé et se dirige par deux bouts vers les terres antarctiques. Là doit se trouver le nœud de la question. Les études polaires nous ont déjà habitué à considérer bien différemment les deux pôles du globe. Les considérations séismologiques nous conduisent aux mêmes conclusions. Si le Pôle Nord est solidement assis en pleine région stable, le Pôle Sud doit plutôt être sur le passage d'un mouvement géosynclinal qui irait de l'Afrique orientale vers le Brésil.

Nous signalons ces vues générales aux lecteurs instruits. Les géologues de profession trouveront des jouissances spéciales à parcourir la partie statistique — la plus importante — de l'ouvrage de M. de Montessus. Les limites d'un compte rendu nous interdisent d'entrer dans tant de détails. Un exemple fera comprendre la portée de notre invite. On sait qu'en très grands traits la structure du massif armoricain se réduit à des plissements presque équivalents qui juxtaposent du Nord au Sud trois lignes de faîtes sensiblement E.-W. Il est patent que les points faibles de ce massif seront les charnières (anticlinales ou synclinales) de ce plissement. Or, c'est précisément selon ces lignes que sont venus se disposer les plus nombreux et les plus accentués des séismes dont M. de Montessus a recueilli l'histoire en Bretagne.

Pour finir, il faudra bien dire un mot de critique : il est regrettable que M. de Montessus soit venu sur le tard à la géologie. Mais on ne remarque cette lacune que dans des points de si faible importance que ce serait ingrat à nous de le reprocher à l'auteur, lorsqu'il est venu enrichir notre science d'un ouvrage de si grand mérite et d'une portée théorique si appréciable.

G. Schmitz, S. J.

XIV

Les Révélations de l'Écriture d'après un contrôle scientifique, par Alfred Binet, directeur du Laboratoire de Psychologie physiologique à la Sorbonne. Un vol. in-8° de VIII-260 pages (de la *Bibliothèque de Philosophie contemporaine*). — Paris, Alcan, 1906.

Dans le numéro d'avril 1897 de la Revue des Questions scientifiques (1), nous avons rendu compte de l'ouvrage de M. Crépieux-Jamin sur l'*Écriture et le Caractère*. Celui de M. Binet, que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui, roule à peu près sur le même sujet, mais le caractère en est bien différent. Tandis que M. Crépieux-Jamin est un des maîtres de la graphologie et enseigne ce qu'il est convaincu être une science, M. Binet s'abstient systématiquement de faire acte de graphologue et a donné pour objet à ses études de soumettre à une série d'épreuves méthodiques un certain nombre de graphologues distingués. Il s'est appliqué à déterminer dans quelle mesure ceux-ci sont capables de reconnaître le sexe, l'âge, l'intelligence et le caractère des sujets.

Pour le diagnostic du sexe, il n'a été remis aux experts que des enveloppes de lettres, afin d'éviter que le contenu de celles-ci pût donner des indices étrangers à l'écriture. Mais cette précaution même n'est pas suffisante, car une lettre adressée à une femme, par exemple, a plus de chance d'avoir été écrite par une femme qu'une lettre adressée à un homme. M. Binet a donc eu soin d'équilibrer plus ou moins à ce point de vue les enveloppes des diverses sortes ; toutefois l'équilibre est assez loin d'être parfait : 37 adresses de femme à homme balancent assez bien 47 adresses de femme à femme, mais il n'y a que 22 adresses d'homme à femme contre 68 d'homme à homme.

M. Binet reproduit les renseignements que lui ont donnés ses experts sur les signes servant à fonder leur appréciation ; mais, ne pouvant étendre indéfiniment ce compte rendu, nous nous bornerons à résumer les résultats, que l'on doit rapprocher de la proportion des succès qu'aurait dû donner un tirage au sort, c'est-à-dire de 50 °/o. Le pourcentage des succès de M. Crépieux-Jamin est de 78,8 et celui de M. Eloy de 75.

(1) Revue des Quest. scient., t. XLI, pp. 632-657.

Ajoutons que des ignorants soumis à la même épreuve ont *tous* obtenu plus de 50 % de succès, généralement entre 63 et 73, ce qui montre que, inférieurs à des graphologues émérites, ils en approchent cependant parfois d'assez près.

Notons enfin qu'il paraît assez aisé de dissimuler son sexe au moyen d'une écriture falsifiée.

La détermination de l'âge soulève une difficulté particulière : l'âge psycho-physiologique et l'âge résultant de l'acte de naissance peuvent ne pas coïncider, et alors le graphologue paraîtra se tromper alors que son diagnostic aura été irréprochable. A l'occasion de cette difficulté, M. Binet nous paraît être tombé dans une erreur que nous croyons devoir signaler : " Nous n'avons pas, dit-il, à nous inquiéter de ces difficultés, puisque nous opérons seulement sur des moyennes. C'est l'âge de 100 personnes au moins que nous demandons aux graphologues de déterminer ; nous n'attachons pas d'importance aux cas particuliers, mais seulement à la moyenne centennale. Or cette méthode corrige en quelque sorte automatiquement les erreurs provenant des écarts entre les âges physiologiques et les âges de l'état civil. Si certains de ceux qui ont écrit les adresses sont plus jeunes que leur âge, d'autres sont plus vieux, et avec un nombre suffisant de documents, ces écarts de signe contraire se compensent. Admettons, par exemple, que sur dix vieillards de 60 ans, il y en ait 5 dont l'âge physiologique soit de 55 ans, et 5 dont l'âge physiologique soit de 65 ans, tout se passe, au point de vue des moyennes, comme si ces dix vieillards avaient physiologiquement 60 ans. „

En lisant pour la première fois ce passage, nous avons été bien surpris, car il signifie positivement que, dans ses épreuves graphologiques, M. Binet va se borner à rapprocher l'âge moyen des sujets de la moyenne des âges diagnostiqués. Or une pareille méthode serait inadmissible au premier chef, car la compensation des erreurs véritables se ferait comme celle des divergences entre âges physiologiques et âges réels, et le plus habile des graphologues courrait grand risque de ne pas l'emporter sur le hasard. Peut-être même aurait-il chance de lui rester inférieur, car il pourrait se faire qu'il commît quelque erreur systématique que la prise des moyennes n'éliminerait pas. Aussi M. Binet n'a-t-il pas procédé ainsi et a-t-il toujours fait état des erreurs absolues. Il semble donc avoir été victime du mot " moyenne „, qui se retrouve bien le même des deux côtés, mais s'applique

d'une part, aux âges réels et, d'autre part, non aux âges diagnostiqués, mais aux erreurs absolues qui ont été commises.

Cette erreur de M. Binet n'a d'ailleurs pas de gravité ; mais il reste que l'écart entre l'âge physiologique et l'âge réel fait ressortir à la charge des graphologues des erreurs dont ils ne sont pas responsables.

Cette question de l'âge pose d'ailleurs un problème fort délicat : on ne peut comparer à un tirage au sort le fait de deviner des âges au hasard, car une foule d'habitudes mentales interviennent dans cette dernière opération. Voici donc ce qu'a fait M. Binet : il a calculé les écarts entre l'âge réel des sujets et l'âge attribué par un expert au sujet dont l'enveloppe portait le numéro précédent. Cette opération, faite sur les séries de M. Crépieux-Jamin, a donné un écart moyen de 15 ans 7 dixièmes, chiffre qu'on considérera comme l'écart moyen que produirait le hasard. C'est de ce chiffre qu'on doit donc rapprocher les écarts moyens suivants, répondant aux diagnostics des deux graphologues soumis à l'expérience.

M. Crépieux-Jamin, 10 ans 2 dixièmes ; Mme H., 14 ans 77 centièmes. Les ignorants ont été plus habiles que cette dernière : leurs écarts ont varié de 10,6 à 14,5. Tous, doctes et ignorants, ont tendance à se rapprocher de la moyenne des âges possibles (30 à 40 ans), ce qui doit provenir d'une certaine prudence.

Ajoutons que les épreuves ont eu lieu sur de simples enveloppes, les mêmes que pour le sexe.

Pour l'appréciation de l'intelligence, il est nécessaire de disposer de documents plus étendus que de simples adresses ; mais ici un autre danger apparaît dans le contenu de la lettre, qui peut révéler bien des choses. Il est vrai que les graphologues déclarent parfois ne pas lire les documents qui leur sont soumis, parce que cela les troublerait ; mais il est bien difficile d'admettre qu'habituellement le contenu du texte étudié leur demeure inconnu. Quoi qu'il en soit, et quelque soin qu'il ait pris, M. Binet n'a pas toujours su éviter cet écueil : une lettre de M. Brunetière donne rendez-vous " au bureau de la Revue „ et indique son adresse particulière ; M. Buisson parle de sa " conférence fermée de pédagogie „, et Meilhac de la prochaine première d'une de ses pièces.

Deux séries d'épreuves ont été faites : dans la première, on avait formé des couples de documents émanant d'un homme supérieur et d'un homme d'intelligence moyenne, et il s'agissait de les distinguer, l'expert sachant comment avaient été formés

les couples. Dans l'autre série d'épreuves, on lui soumettait des documents analogues aux précédents, mais inégalement distribués entre diverses collections.

Sur 36 couples étudiés environ, le pourcentage des succès a été le suivant : M. Crépieux-Jamin, 91,6 ; M. Humbert, 85,7 ; M. Vié, 82,8 ; les autres graphologues, de 80 à 61 (M. Paulhan, 86).

L'épreuve des collections fut faite au moyen de 33 écritures de supérieurs mélangées à 30 écritures de moyens. M. Crépieux-Jamin a réalisé un pourcentage de succès égal à 77, M. Vié un pourcentage de 76, M. Eloy de 70. En faisant certaines corrections interprétatives, on ferait monter le chiffre de M. Crépieux-Jamin à 87 et celui de M. Eloy à 81.

Nous ne nous arrêterons pas sur les portraits graphologiques, très intéressants à étudier, mais à propos desquels il est difficile de résumer. Au contraire, il nous faut parler des pièges tendus par M. Binet à quatre de ses collaborateurs. Il leur écrivit que, pour tels et tels couples d'écritures, ils s'étaient complètement fourvoyés. Cette déclaration était véridique deux fois sur quatre, fausse pour les deux autres couples. M. Crépieux-Jamin reconnut ses deux erreurs, en plaidant les circonstances atténuantes ; mais il protesta avec vivacité dans les deux autres cas, et tout cela est à son grand honneur. M. Paulhan résista de même énergiquement les deux fois où il avait raison, mais eut bien de la peine à se rendre dans les deux autres cas. Quant aux deux derniers graphologues, ils s'empressèrent de se rectifier uniformément.

Les ignorants en graphologie ont encore, à propos de l'intelligence, remporté des succès dont certains pourraient faire envie aux graphologues ; malheureusement leurs épreuves n'ont pas été directement comparables à celles de ces derniers. Mentionnons toutefois que Mme B., soumise à l'épreuve des couples, obtint 80 % de succès.

M. Binet a éprouvé toute la difficulté qu'il y a à contrôler des portraits graphologiques de caractères en les comparant à ses appréciations personnelles. Aussi a-t-il adopté une autre méthode : à des écritures de braves gens qu'il connaissait bien, il a mélangé celle de grands criminels et, sans rien dire de cela à ses experts, leur a demandé de faire le portrait complet des caractères en insistant surtout sur les qualités de bonté, de douceur..., et sur les qualités contraires.

Par cette méthode M. Binet a obtenu une série de portraits assez flatteurs de Vidal, le tueur de femmes : M. Eloy a cru

qu'il s'agissait de M. Binet jeune ; seul M. Crépieux-Jamin l'a assez bien jugé. Dans le parricide Caron, M. Vié a découvert une jeune fille douce et modeste ! Somme toute, M. Crépieux-Jamin a donné, pour 11 assassins, 7 diagnostics très satisfaisants et 4 manquant vraiment de la sévérité nécessaire. Groupés par couples, les criminels et les braves gens ont donné lieu, de la part du même expert, à 8 succès et à 3 échecs, soit 73 °/o de succès ; MM. Vié et Eloy n'ont obtenu, tous deux, que 54,5 °/o, ce qui est vraiment bien peu. En somme, il semble que le caractère soit bien moins révélé que l'intelligence par l'écriture.

Si l'on considère l'ensemble des résultats obtenus par M. Binet, on ne peut se soustraire à l'impression que la graphologie repose sur une base sérieuse, mais qu'on est bien loin d'être arrivé à des résultats régulièrement exacts : la *science* de la graphologie est donc loin d'être réellement constituée. Mais il y a plus : on peut se demander si la graphologie n'est pas restée à l'état d'*art*, un art dont M. Crépieux-Jamin serait le virtuose.

Un premier fait qui conduirait à cette conclusion consiste dans les succès nombreux d'ignorants en graphologie ; si, somme toute, les ignorants restent inférieurs aux experts, cela est fort naturel en toute hypothèse, car on se perfectionne dans tout art par l'exercice, et de plus il y a chance pour que ceux qui s'adonnent à l'étude de la graphologie soient mieux doués que la moyenne à ce point de vue.

Une autre raison d'éprouver des doutes est apparue à M. Binet, comme elle nous était apparue à nous-mêmes, et l'étendue de ses observations lui donne une grande force : c'est que l'on ne saisit guère comment les conclusions découlent des prémisses, ou, plus clairement, comment de l'analyse des signes on passe au portrait psychologique (1). Dans notre compte rendu de 1897, nous avons indiqué un procédé qui permettrait peut-être de reconnaître si véritablement ce passage est légitime ou si en réalité le graphologue s'appuie sur des impressions non systématisées. Il faudrait disposer de deux graphologues habiles, dont l'un procéderait à l'analyse des signes et dont l'autre, sans voir l'écriture, donnerait l'interprétation de cette

(1) Un fait relevé par M. Binet et qui complique la question consiste dans le désaccord de certains graphologues sur l'interprétation psychologique d'un même signe : ainsi une écriture grande révèle de l'imagination à M. Crépieux-Jamin et de la gaucherie à M. Paulhan.

analyse. Il serait bien intéressant que M. Binet pût procéder à cette expérience, à laquelle il serait peut-être singulièrement difficile d'amener deux graphologues à se prêter.

Quoi qu'il en soit, on a pu se rendre compte du haut intérêt du livre de M. Binet, qui nous donne tout au moins une impartiale et méthodique enquête sur les résultats actuellement obtenus par la graphologie.

G. Lechalas.

XV

L'Objet de la Métaphysique selon Kant et selon Aristote, par C. Sentroul, Docteur en Philosophie. Un vol. in-8° de xii-240 pages. — Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1905.

M. Sentroul aurait pu, tout aussi bien, intituler sa thèse " La Connaissance selon Kant et Aristote ", ou plus simplement encore " Kant et Aristote ", car, en réalité, ce qu'il étudie ce n'est rien moins que la méthode, les principes premiers et les conclusions spécifiques des deux grandes philosophies qui à l'heure présente se disputent l'empire des esprits. La comparaison de Kant et d'Aristote avait été faite déjà, mais par un Kantien. " Peut-être fallait-il la refaire ", remarque M. Sentroul. Surtout, ajouterons-nous, fallait-il qu'elle fût refaite par un philosophe scolastique ; mieux encore, par un scolastique appartenant à l'École de Louvain. M. Sentroul représente admirablement l'esprit et les tendances de l'Institut supérieur de Philosophie ; c'est assez dire qu'outre l'intérêt documentaire qui s'attache à toutes les productions de l'Institut, cette thèse se recommande encore par sa réelle solidité et ses mérites intrinsèques.

Au premier rang de ceux-ci nous plaçons le souci de la mise au point, et la bienveillance dont M. Sentroul se montre généreux vis-à-vis de l'adversaire. Il lui prouve son loyal respect, tout d'abord par le soin qu'il apporte à l'étudier et l'effort qu'il consacre à fouiller tous les recoins de sa pensée ; ensuite, en lui faisant l'honneur de le prendre au sérieux. M. Sentroul ne pense pas qu'il suffise d'y aller d'une chiquenaude ou d'un souffle pour renverser Kant. Il n'imagine pas que le Kantisme

sorte tout entier d'une misérable confusion de définitions logiques qu'on ne pardonnerait pas à un commençant. Il reconnaît hautement les bons services rendus par Kant à la philosophie : " Chez Kant seulement le probléme du vrai a été envisagé en face, retourné sous tous ses aspects, sondé dans toutes ses profondeurs, contrôlé par toutes les pierres de touche „ (p. 38). Il n'hésite pas non plus à produire sa sympathie : " Kant s'est appliqué à l'étude des faits et des sciences, il a entretenu commerce avec tous les grands esprits, il a recouru à la vigueur de la réflexion la plus concentrée, il s'est soutenu par une indéfectible patience, mais surtout par une rare loyauté d'esprit, et une droiture de cœur plus rare encore. C'est de la sorte qu'il a édifié l'œuvre massive qui jalonne l'histoire des idées „ (p. 237).

Ce qui n'empêche pas l'auteur d'être un adversaire irréductible, passionné même par endroits. Il a beau protester dans sa préface : " Nous ne plaidons pas, nous exposons. Et dans cet exposé nous ne croyons pas avoir été aveuglé par nos préférences „, son livre est à la fois un plaidoyer et un réquisitoire. Kant sert de repoussoir. En définitive, on garde l'impression que pour M. Sentroul le principal mérite de Kant est d'avoir fourni l'occasion d'aiguiser à neuf la définition de la vérité : " Résultat assez mince d'un laborieux et titanesque effort ! „ (p. 237). Non vraiment, on ne trouvera pas dans ce livre les deux lignes qui pourraient faire pendre son auteur sous l'inculpation " d'infiltration kantienne ! „

La page suivante, que nous transcrivons de la préface, est très suggestive, et suffit à elle seule à renseigner sur la méthode, la manière et les conceptions de M. Sentroul. " Le plan que nous avons suivi s'indiquait. On ne peut comprendre ce que c'est que la *Métaphysique*, surtout s'il s'agit de métaphysique kantienne, à moins qu'on ne comprenne d'abord ce que c'est que la science. Or, la notion de *Science* suppose celle de *Vérité* et de *Réalité*. De là quatre chapitres fondamentaux sur les notions kantiennes de la vérité, de la réalité, de la science et de la métaphysique, précédés d'un aperçu synthétique sur *le kantisme en général*. Nous n'avons consacré à Aristote que deux chapitres. D'une part, le dogmatisme aristotélicien ne disjoint pas, comme le fait Kant, la notion de *Vérité* d'avec celle de *Connaissance du réel*. D'autre part, et en somme pour les mêmes raisons, il n'établit pas entre la science et la métaphysique les différences que relève le Kantisme. Le chapitre consacré au dogmatisme aristotélicien nous ne l'avons pas intitulé

la question de la vérité selon Aristote, parce que la position de cette question comporte peut-être une nouvelle mise au point. Nous l'avons traitée avant d'aborder le Kantisme : ce qui, à nos yeux, est la vraie solution du problème est antérieur à l'examen d'une solution particulière. „

Ce " plan „ soulève bien quelques objections. Ce procédé par échelons : vérité, réalité, science, métaphysique, n'est-il pas trop exclusivement *discursif ?* La méthode employée par M. Sentroul, ne l'amènera-t-elle pas à se donner l'air de marcher, tout en restant en place ? Est-il d'ailleurs bien exact que le Kantisme tienne essentiellement dans une définition inadéquate de la notion *vérité ?* Et si par hasard Kant avait remarqué que la connaissance *humaine*, outre un élément objectif qu'il n'a jamais songé à contester, contient encore un élément subjectif indéniable, qu'il y a lieu par conséquent d'en tenir compte *méthodiquement*, n'aurait-il pas mieux valu partir de là, et débuter par ce qui est la conclusion trop peu préparée du livre : " Kant rentre dans le groupe qui veut concilier l'idéalisme et l'empirisme „ (p. 239)? Mais combien de fois Kant lui-même n'a-t il pas répété que le point de départ de ses recherches est le problème posé par Hume ? Que dire enfin de cette juxtaposition, point par point, d'Aristote et de Kant, qui se prolonge pendant plus de 200 pages ? Pour comprendre et juger un système, il faut, semble-t-il, le comparer, non pas avec quelque autre système, mais avec la réalité, ou, si l'on veut, avec les données premières dont il prétend fournir l'explication. En d'autres termes, il faut *deviner* la vérité, entrevue au moins confusément, qui se cache sous les formules inadéquates et embarrassées du système. Si donc M. Sentroul se borne à comparer Kantisme et Aristotélisme, il restera prouvé, mais cela seulement, qu'au point de vue où l'Aristotélisme cesse d'être un système, le Kantisme n'a plus aucun sens.

Le livre de M. Sentroul n'en atteint pas moins son but, puisqu'il fait réfléchir et qu'il pose des problèmes. Il est peu de pages qui ne contiennent quelque aperçu intéressant. Qu'on lise, par exemple, le paragraphe consacré à la prétendue opposition qui existerait entre la métagéométrie et la doctrine kantienne de l'espace. Non seulement cette opposition est chimérique (distinguer *intuition* et *objet de pensée)*, mais de plus " l'explication la plus obvie de la métagéométrie est celle qu'on tirerait du Kantisme (p. 176) „. " A la vérité, la métagéométrie constitue,

pour ceux qui refusent d'adhérer au Kantisme, une difficulté sérieuse, mais non insoluble (p. 175). „ — Pourquoi ? Les explications de l'auteur manquent de netteté. Que M. Sentroul se donne la peine de tirer au clair son *impression ;* à coup sûr il débrouillera le problème.

P. S.

XVI

R. P. Martin Hagen, S. J. Lexicon Biblicum. Volumen primum, A.-C., 1040 colonnes, in-8°. — Paris, Lethielleux, 1905.

Le *Cursus Scripturae Sacrae* des Pères Jésuites allemands doit comprendre, outre les commentaires proprement dits, tous les accessoires utiles ou nécessaires aux travailleurs. C'est ainsi qu'une concordance des textes a déjà vu le jour ; un dictionnaire hébraïque est en préparation, et le lexique biblique, dont le premier volume vient de paraître, promet de s'achever assez rapidement. L'ouvrage complet aura trois volumes. La rédaction en a été confiée au R. P. Martin Hagen.

Tous les renseignements que l'érudition la plus variée peut rassembler dans le domaine de l'archéologie, de l'histoire, de la géographie, des sciences naturelles, etc., se trouvent condensés ici dans un nombre de pages relativement restreint. Une bibliographie très soignée accompagne la plupart des articles. Quant à la sûreté des informations, il suffit de citer les noms des collaborateurs que le R. P. Hagen s'est adjoints. Nous y remarquons les noms des RR. PP. Knabenbauer, Fonck, Zorell et Deimel.

Les questions d'introduction générale et spéciale ont été systématiquement écartées du lexique du R. P. Hagen : elles sont supposées résolues dans les trois premiers volumes du *Cursus,* dus à la plume du R. P. Cornely. En théorie, on peut admettre qu'un lexique ne doit pas faire double emploi avec une *Introduction ;* en pratique on peut se demander peut-être, si toutes les opinions critiques, soutenues jadis par le R. P. Cornely, seraient maintenant encore défendues avec la même conviction. La récente réponse de la commission biblique ne sanctionne pas toutes les vues que le savant exégète avait exprimées sur la composition du Pentateuque. Le R. P. de

Hummelauer, à qui le *Cursus* est redevable de plusieurs volumes fort estimés, ne les avait guère partagées non plus ; et dans le camp des théologiens catholiques il n'est pas seul de son avis. Le R. P. Hagen s'est peut-être un peu trop effacé devant les écrits de ses devanciers.

Malgré l'exclusion voulue des questions d'introduction, tout le volume dénote une tendance très conservatrice. Les idées moins sévères de plusieurs exégètes catholiques n'ont eu aucune influence sur la rédaction de l'ouvrage.

S. E.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

LE CONGRÈS INTERNATIONAL DES CHIMISTES A ROME
(avril-mai 1906)

—

Le premier Congrès de chimie appliquée fut tenu à Bruxelles, du 4 au 11 août 1894, sous la présidence d'honneur de M. Léon De Bruyn, ministre de l'agriculture, à l'initiative des sociétés des fabricants de sucre de Belgique et surtout de l'ancienne Association belge des chimistes, qui avait alors pour président M. le professeur Hanuise et pour secrétaire général, M. Sachs.

Plus tard, en 1903, ce Congrès fut organisé d'une façon grandiose par les chimistes de Berlin et le Congrès de Rome dépassa toutes les espérances, car on vit affluer plus de deux mille congressistes dans les superbes locaux du nouveau Palais de Justice, dont l'inauguration coïncida avec celle du Congrès.

Voici en quels termes M. Sachs résume, dans le journal La Sucrerie belge, les résultats de ces assises scientifiques :

L'industrie du sucre de betteraves, dont on avait cru longtemps l'introduction en Italie impossible, s'est développée depuis quelques années, de façon que l'importation de sucres étrangers a complètement cessé et que la production dépasse même les besoins, malheureusement encore bien faibles, de la consommation italienne. Nous envisageons ce développement sans aucun ombrage, parce que nos collègues italiens, en adhérant à la Convention de Bruxelles, se sont interdit toute exportation de sucre, et aussi parce que l'initiative belge, en participant à la création de sucreries en Italie, en retire également quelques avantages.

Aussi avons-nous été heureux de trouver une réception très cordiale de la part des fabricants de sucre italiens, et notamment de M. Maraïni, membre de la Chambre des représentants et président du Syndicat des fabricants de sucre italiens, qui nous a fait connaître lui-même l'histoire de l'industrie sucrière en Italie. Ajoutons que nos collègues italiens d'origine belge et en premier lieu M. Wanlin, directeur de la sucrerie de Foligno, ont fait tout ce qui était en leur pouvoir pour nous rendre le séjour en Italie aussi utile et agréable que possible. Personnellement nous avons été touchés aussi par la grande amabilité qui nous a été témoignée par le président du Congrès M. Paterno, et le secrétaire général, M. le professeur Villavecchia, qui a été en même temps président du Comité d'organisation de la Section V (sucrerie). Nous leur devons même l'honneur d'avoir été reçus au Quirinal par LL. MM. le Roi et la Reine d'Italie, qui avaient déjà témoigné l'intérêt qu'ils attachaient au Congrès, en assistant à son ouverture au Palais de Justice de Rome, vaste bâtiment mis entièrement à notre disposition.

Notons encore les réceptions nombreuses auxquelles les membres du Congrès ont été invités, telles que celle de la Municipalité de Rome au Capitole (Campidoglio), du ministre de l'instruction publique à Tivoli, du Comité au Palatin, de l'Association artistique internationale, de M. Maurice Deutsch, etc., sans oublier naturellement le banquet traditionnel.

A l'ouverture du Congrès, c'est M. Proost, directeur général du ministère de l'agriculture, qui a pris la parole au nom de la Belgique. Il a rappelé la part qu'il avait prise au premier Congrès de chimie appliquée tenu à Bruxelles en 1894 (auquel il a rendu, disons-le en passant, un service important, quoique ignoré). Il a fait l'éloge en particulier des officiers italiens, qui ont établi pour leurs soldats des cours populaires d'agriculture, de façon que le service militaire est pour le fils du paysan une école qui l'entraîne à améliorer le travail de la terre, au lieu de le déserter. C'est un exemple que les autres pays feraient bien de suivre, pour conjurer la dépopulation des campagnes, *qui devient un véritable péril social.* En dehors des 11 ou plutôt 16 sections, qui ont tenu des réunions nombreuses au Congrès de Rome, nous devons aussi mentionner les Conférences données en assemblée générale, parmi lesquelles nous signalons surtout celle de M. le Dr A. Franck (Charlottenburg), sur l'emploi direct de l'azote atmosphérique pour la production d'engrais et d'autres produits chimiques, et de Sir W. Ramsay (Londres) sur l'épura-

tion des eaux d'égout. M. le professeur H. Moissan (Paris) a obtenu aussi un vif succès par la communication de ses travaux sur la distillation des métaux qui lui ont permis de calculer approximativement la température du soleil *(un peu plus de 3000° C.)*.

Finalement, il a été décidé de tenir le prochain Congrès de chimie appliquée à Londres en 1909.

Le Bulletin de la Sucrerie belge (1) contient les comptes rendus détaillés des délibérations de la section de sucrerie organisée par le professeur Villavecchia, secrétaire général du Congrès. Nous nous bornerons ici à signaler ce qui nous a paru de nature à intéresser nos lecteurs au point de vue de l'hygiène publique et privée et de l'agriculture.

La commission internationale pour l'unification des méthodes d'analyse des denrées alimentaires fut présidée brillamment par M. J.-B. André, inspecteur général au ministère de l'agriculture, délégué du gouvernement belge.

Dès le Congrès de Paris de 1896, dit le journal L'Italie, M. le professeur Puitti, de l'Université de Naples avait proposé l'institution de cette commission qui, si elle reçoit des pouvoirs officiels des divers gouvernements, rendra les plus grands services à l'alimentation de l'homme. On peut en dire autant au point de vue de l'alimentation des plantes et des animaux ; la commission internationale des fourrages et des engrais artificiels ou commerciaux siégea également à Rome sous la présidence du Dr Grueler de Suède. Ce n'est que lorsque les chimistes des diverses nations se seront enfin mis d'accord pour adopter des méthodes d'analyse uniformes que l'on verra cesser la *confusion des langues* qui empêche les analystes de s'entendre et de venir en aide, comme il convient, aux Gouvernements désireux de réprimer la fraude.

On connaît les efforts persévérants tentés dans cette voie, depuis la création de notre ministère de l'agriculture, tant au service de l'hygiène par M. l'inspecteur J.-B. André, que de l'agriculture proprement dite, par M. Proost.

M. le professeur Villavecchia a proposé au Congrès de Rome d'émettre le vœu que les administrations financières et douanières des différents États s'accordent entre elles pour unifier les méthodes d'analyse de tous les produits qui font

(1) Livraisons de juin, juillet, août : Bulletin de la Sucrerie belge, Bureau, rue Hydraulique, 21, Bruxelles.

l'objet d'échanges commerciaux et particulièrement des produits sucrés (adopté à l'unanimité) (1). Les travaux de la section I *(Chimie analytique)* ont particulièrement mis en lumière les progrès de ces méthodes de mesures, dont la précision a souvent peu de chose à envier aux mesures astronomiques. La chimie analytique est le pilier sur lequel repose la chimie tout entière, et chaque jour pour ainsi dire voit naître un réactif nouveau ou une modification heureuse d'un procédé déjà connu.

" Vu que les cultivateurs ne connaissent pas généralement les effets de l'effeuillage sur la qualité et la quantité des betteraves, la Ve section engage les personnes qui donnent l'instruction agricole à faire connaître ces effets nuisibles à l'intérêt des cultivateurs comme des fabricants de sucre. „ " Le Congrès reconnaît que la seule méthode pratique pour le dosage direct du sucre dans la betterave est la méthode aqueuse á chaud ou à froid, dite de Pellet, et que la méthode par digestion alcoolique doit être complètement supprimée. „

La question des sucres intéresse au plus haut point l'hygiène et l'agriculture depuis que l'on connaît les précieuses propriétés alimentaires de ce principe immédiat qui engendre la chaleur et le mouvement, sans surcharger les organes digestifs. Le sucre étant descendu aujourd'hui de un franc à 50, à 60 cent. le kilo, est devenu un *aliment économique* à la portée de toutes les bourses.

On a calculé, en effet, que 100 kilos de sucre donnent 200 unités nutritives, tandis que 100 kilos de pommes de terre n'en donnent que 26,8. Il faut 750 kilos de pommes de terre pour fournir le même nombre d'*unités nutritives*, que 100 kilos de sucre de betterave en admettant que la fécule de pommes de terre s'assimile aussi bien que la saccharine ; or, il est prouvé que la pomme de terre constitue pour un grand nombre de personnes un aliment indigeste, qui engendre la dilatation d'estomac et des perturbations intestinales, surtout dans les pays chauds. " En Arabie, dit M. L. Wery, pays de la canne à sucre, on voit le peuple sucer un bout de canne à sucre pour toute nourriture.

(1) " Ce vote unanime met parfaitement en lumière l'utilité des Congrès internationaux de science appliquée. M. Pellet a proposé aussi, comme on l'a fait en Belgique pour l'étude des sols et des engrais (voir plus loin), de nommer des commissions nationales, composées de délégués des gouvernements, des sociétés agricoles, des chimistes, etc. „ ; chacune de ces commissions ferait partie de la commission internationale qui prendrait les résolutions définitives.

Les coureurs, esclaves qui font journellement des étapes qui nous épouvanteraient ne se nourrissent que d'une poignée de dattes, fruit essentiellement sucré. „ Ces faits confirment rigoureusement les données publiées dans cette Revue depuis trente ans (voir nos chroniques agricoles) et qui étaient jadis fort discutées dans le monde des agronomes et des hygiénistes (1).

M. F. Dupont (de Paris) a présenté un intéressant mémoire sur la quantité de sucre produite par un hectare. Cette quantité de sucre s'obtient en multipliant le poids de betterave par la richesse en sucre ; elle varie de 2500 jusque 8000 kilos, elle est en moyenne de 3000 à 5000 kilos.

La canne à sucre donne en Égypte de 6000 à 8000 kilos par hectare, à Java 10 à 14 000, aux îles Havij jusque 25 000 kilos.

La betterave à sucre donne plus dans le midi que dans le nord de l'Europe, parce que la température est supérieure durant la végétation, d'un bon nombre de calories (40 à 60 000 kilos par hectare avec 15 à 16 % de sucre).

Dans son discours d'ouverture, le Président, M. le professeur Paterno, sénateur, a rapidement établi la portée immense de la chimie appliquée dans l'existence sociale pour la prospérité des peuples. C'est pourquoi il salue avec joie cette réunion, car, selon le mot de Humbold, *à mesure que les relations entre peuples s'accroissent, la science gagne en intensité et en profondeur.* Ces congrès ont, en effet, pour but de rendre plus parfaite l'union de la science et de la technique, ce levier le plus fort du progrès social moderne.

Le sénateur Paterno, après avoir dit qu'on ne saurait plus assigner de limites aux découvertes chimiques, parle des dernières trouvailles relatives à la transmutation des métaux, le plus grand problème de la chimie appliquée, car il n'y a qu'un pas de la transformation d'un corps simple en un autre à la production artificielle de corps nouveaux avec des propriétés voulues (2).

“ Dans le temps infini et dans l'infinie mutabilité des choses rien ne peut plus être dit impossible. „

(1) Voir notamment *la question sucrière résolue par la science,* Journal de la Société centrale d'agriculture de Belgique (février 1875).

(2) L'*alchimie,* dit le dictionnaire de Bouillet, inspecteur général de l'Instruction publique, étudiait comme aujourd'hui la chimie “ *mais dans le but chimérique d'opérer la transmutation des métaux* „. Il faudra donc modifier nos dictionnaires officiels pour en revenir aux théories du moyen âge.

M. le professeur Paterno, en parlant du temps *infini* ne semble pas avoir tenu compte de la judicieuse observation de Littré, qui écrivait, il y a quelque trente ans, que " nous ne pouvons affirmer l'éternité, ni l'infinité des choses dont nous ne connaissons que le côté phénoménal ".

" Déjà les chimistes remplacent les produits de la nature par ceux qu'ils obtiennent artificiellement dans les laboratoires. L'homme travaille donc à se rendre indépendant de la terre, et quel bouleversement dans ce vieux monde quand il lui sera possible d'obtenir *sans recourir au sol* sa nourriture normale et les produits nécessaires aux diverses exigences de la vie sociale ? "

En attendant que cet idéal soit atteint, le docteur Franck a exposé les moyens les plus modernes de fertilisation du sol par l'utilisation directe de l'azote atmosphérique pour la fabrication d'engrais. Il a retracé toute l'évolution de cette branche des sciences naturelles qui vise par une plus large distribution d'engrais azotés à augmenter la productivité du sol. Le problème est compliqué : le guano et l'ammoniaque sont insuffisants ; quant au nitrate de soude, le moment est proche où les gisements seront épuisés. Il est vrai que notre atmosphère est un immense et inépuisable réservoir d'azote. Un calcul bien simple montre que la colonne atmosphérique dominant un hectare de terrain renferme 79 000 tonnes d'azote, soit une quantité égale à celle que contiennent les 500 000 tonnes de nitrate de soude que l'Allemagne importe du Chili. Mais comment fixer l'azote atmosphérique? Par le moyen de bactéries? Helbriegel et Winogradzky le pensèrent. La *nitragine* entra dans le commerce, mais on n'a guère obtenu jusqu'ici de résultats pratiques. Le docteur Franck rappelle ensuite les plus intéressants parmi les travaux que ce sujet a suscités. Un fait était certain ; sous l'action de l'étincelle électrique l'azote de l'atmosphère se combinait avec l'oxygène en formant de l'acide nitrique ; mais l'on n'avait pas d'appareils capables de résister aux températures nécessaires. Siemens cependant inventait la dynamo ; grâce à ses travaux, deux Suédois Birkeland et Eyde trouvaient un procédé pour la production électrique d'acide nitrique, qui doit encore recevoir la sanction de l'expérience. Le docteur Franck montre ensuite par quelle série d'expériences l'on arriva, en chauffant, avec de l'eau à haute pression, la calciocyanamide brute, à produire de l'ammoniaque et des sels d'ammoniaque ; et comment l'on déduisit que la calciocyanamide pouvait être

employée directement pour la nutrition des plantes comme engrais. L'on procéda alors à de sérieuses expériences qui furent dirigées par MM. Wagner de Darmstadt et Gerlach de Posen. Elles eurent lieu en 1901 et 1902, en grand nombre et dans des conditions variées et furent tout à fait concluantes. La calciocyanamide renfermant le 20 p. c. d'azote, était déclarée un engrais des plus avantageux pour l'agriculture. De plus, les matières premières nécessaires, telles que la chaux, le charbon et l'azote atmosphérique sont faciles à obtenir.

Le professeur Angelo Menozzi de Milan, qui est non seulement un habile chimiste agronome, mais aussi un économiste aux vues larges, reconnaissait bientôt l'importance que ce nouveau procédé électrochimique pouvait présenter spécialement pour l'Italie et réussissait à réveiller par ses études l'intérêt des ingénieurs et des industriels. Avec le concours de personnalités éminentes de l'industrie l'on a constitué dans la suite la *Società Generale per la Gianamidè,* qui se rendit propriétaire de tous les brevets et procédés pour la production de la chaux azotée et de ses dérivés. Cette Société céda alors ses brevets pour l'Italie et l'Autriche-Hongrie à la *Società Italiana per la fabbricazione di Prodotti Azotati* qui a déjà mis en action une grande usine à Piano d'Orte. Après avoir expérimenté le procédé sous tous ses rapports, elle a décidé d'agrandir considérablement cette usine en utilisant les grandes forces hydrauliques du Pescara, appartenant à sa Société même, *Società Italiana di Elettrochimica,* et d'installer aussi à Fiume, en Hongrie, une usine importante. La *Società Generale* à son tour a assuré ou prévu l'installation de plusieurs fabriques en d'autres pays pourvus de forces d'eau à bon marché, comme la France, l'Espagne, la Suisse et la Norvège.

La crainte exprimée par certains auteurs que la cyanamide en se développant puisse donner naissance d'abord à la dicyandiamide, et ensuite, à cause de l'absorption d'eau, à la cyandiamidine avec son action caustique, n'est pas fondée, comme cela a pu être constaté par des essais sérieux ; car la transformation ou bien la polymérisation de la chaux azotée en dicyandiamide se fait seulement par les températures de 45 à 50 degrés centigrades : ce qui n'existe pas dans le sol. Quant aux quantités d'acétylène dégagées, l'on doit observer que l'acétylène n'est pas vénéneux pour l'organisme des animaux et des plantes ; son innocuité a été prouvée aussi moyennant des essais directs

exécutés avec les herbes potagères les plus sensibles et les légumes de toute espèce.

Le docteur Franck donne ensuite un bref aperçu sur les autres applications qui sont nées jusqu'ici du procédé de la fixation de l'azote, et termine par un véritable dithyrambe en l'honneur de la patrie de Volta et de Galvani.

Nous publions *in extenso* l'analyse de cette conférence, parce qu'elle résume parfaitement les progrès réalisés depuis dix ans dans la fabrication des engrais artificiels à base d'azote. Georges Ville disait avec raison : " Quand nous fournirons l'azote à bon compte aux cultivateurs, *le problème de la vie à bon marché sera résolu.* „

Il existe un autre moyen de fixer directement l'azote de l'air dans le sol, que G. Ville a contribué l'un des premiers à mettre en lumière :

C'est la *sidération,* c'est-à-dire la fixation de l'azote par les plantes de la famille des légumineuses, comme le trèfle et le lupin.

D'immenses plaines de sable ont été mises en valeur, depuis vingt-cinq ans, par la culture du lupin, qui fixe l'azote atmosphérique sur ses racines par l'intermédiaire des bulbiles caractéristiques des légumineuses; ce phénomène de *symbiose*, œuvre d'une bactérie, a été fort bien étudié en Allemagne vers la fin du siècle dernier ; mais les cultures dans le sable calciné de M. Georges Ville, qui fut énergiquement soutenu dans sa campagne par l'illustre Chevreuil, son commensal au Museum, ne parvinrent pas à fournir la démonstration expérimentale de la fixation de l'azote, avant les découvertes des Allemands et les travaux subséquents de Schoësing et Laurent. En effet, dans toutes les écoles officielles d'agriculture de l'Europe, on enseignait qu'il n'existe pas de plantes améliorantes et que les légumineuses puisent leur azote, comme les autres plantes, dans la profondeur du sol. Seul à l'École d'agriculture de l'Université de Louvain, créée en 1878, M. Proost enseignait la fixation directe de l'azote libre de l'air par des plantes de *familles diverses* et il ne tarda pas à mettre à la portée de tous, par ses expériences dans le *sable lavé,* cette preuve que les expériences dans le sable *calciné* ne parvenaient pas à fournir parce que la calcination détruit les microbes du sol (voir ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, tome XXIV, avril 1900); c'est ce que M. Proost a rappelé à la VIIe section *(chimie agricole)* du Congrès de Rome en montrant comment les expériences du jardin

botanique de Louvain qu'il dirigea à partir de 1884, l'amenèrent à découvrir ensuite des quantités considérables de potasse, non décelée par les réactifs ordinaires, dans les sables lavés qui servirent à ses expériences. Il démontra que cette potasse est assimilée par certaines plantes, comme la pomme de terre et l'avoine, tandis qu'elle ne l'est guère par le froment (1).

M. le professeur Stocklasa, de Prague, vice-président de la section, a confirmé le phénomène de la fixation directe de l'azote atmosphérique par les bactéries du sol qu'il a baptisées du nom de *radiobacter* et d'*azotobacter*. L'exposé de ses belles recherches a paru cette année dans les BERICHTEN DER DEUTSCHEN BOTANISCHEN GESELLSCHAFT (Band XXIV. Heft I). M. le professeur Grandeau de Paris vient également de publier, à Paris, une étude très complète sur la production de l'acide nitrique avec les éléments de l'air (Paris, librairie du TEMPS, boulevard des Italiens).

Après une discussion des plus intéressantes, à laquelle prirent part des savants de divers pays, notamment MM. les professeurs Giglioli, Dusserre, Prianischnikow (président), Stocklasa (vice-président), M. Proost propose d'instituer, comme en Belgique, une commission permanente de chimistes, de physiciens et de naturalistes pour étudier à fond les conditions naturelles et artificielles de production des sols et de réunir les matériaux de bonnes cartes agronomiques (séance du 30 avril, BOLLETINO QUOTIDIANO DEL VI CONGRESSO INTERNAZIONALE DI CHIMICA APPLICATA).

La section adhère à cette proposition qu'elle considère d'intérêt international et dans la séance du 2 mai, elle émet le vœu suivant, qui fut voté en assemblée générale, " qu'il soit institué dans les divers pays d'Europe des champs d'expériences permanents, suivant le type de ceux de Rothandstld, afin de déterminer exactement la production naturelle et la production artificielle des grains et des autres cultures, *dans les diverses conditions de climats* (2) ".

(1) Telle est donc l'une des principales raisons d'être *des assolements;* certaines plantes rustiques mobilisent les principes minéraux fertilisants, que les anciens procédés d'analyse usités dans les laboratoires agricoles ne parvenaient pas à déceler.

(2) Le Congrès de Botanique appliquée qui s'est tenu à Paris à la fin du mois d'août, a confirmé ce vœu en proposant une entente internationale entre les savants pour l'amélioration progressive des cultures par la sélection et l'hybridation des végétaux, l'introduction des plantes utiles, etc.

En la séance suivante, M. Proost appelle l'attention de la section sur l'analyse des cendres de certains arbres cultivés du Midi qui, comme la vigne, l'olivier, l'oranger, donnent des signes de dégénérescence, qui se manifestent par la multiplication des maladies de nature parasitaire. Considérant que certaines plantes contiennent dans leurs cendres des quantités très minimes de métaux sous forme de sels qui ne sont pas restitués par les engrais chimiques et qui semblent jouer un rôle physiologique important (comme le manganèse), il se demande s'il n'y a pas là une piste nouvelle à suivre par les chimistes et les physiologistes. Certaines espèces de plantes ne végètent que dans nos mines de zinc, par exemple *Gentiana*, *Viola calaminaria*. L'uranium se retrouve dans les cendres de certaines variétés de betteraves, etc. M. le président se rallie à cette manière de voir.

La conférence de M. le professeur W. Ramsay *sur l'épuration des eaux d'égout* constitue un exposé très complet de l'état actuel de cette grave question, qui intéresse au plus haut point l'hygiène et l'agriculture ; évidemment la solution du problème est encore à trouver. L'orateur rappelle les découvertes de Pasteur montrant que l'épuration naturelle des eaux par le sol doit être attribuée aux microbes; ce qui a suggéré l'idée des procédés dits *biologiques*, permettant de réduire considérablement la surface des terrains d'épandage.

Les eaux d'égout, préalablement épurées par des méthodes de filtration, sont soumises tour à tour aux procédés d'oxydation par les microbes *acrobies* de la surface du sol, et aux procédés de *réduction* par les microbes *anacrobies* du sous-sol. Par l'oxydation, les matières organiques hydrocarbonées et azotées donnent de l'acide carbonique, de l'acide azoteux et ensuite de l'acide azotique combiné sous forme de nitrate de chaux. Mais les eaux d'égout riches en ammoniaque n'éprouvent pas de fermentation azotique, car il ne se forme que des azotites.

La conclusion c'est qu'on ne peut pas toujours distinguer avec certitude les bacilles dangereux de ceux qui ne le sont pas et qu'il faut disposer de terrains *perméables* et étendus pour pratiquer, comme à Gennevilliers, l'irrigation *agricole* avec succès.

L'expérience peu satisfaisante des irrigations de la ville de Bruxelles dans les plaines situées en aval de la capitale, près de Vilvorde, confirme cette manière de voir.

Au banquet de clôture du Congrès, la Belgique fut représentée par M. l'ingénieur Watteyne du ministère du Travail qui porta le toast suivant très applaudi :

" On aime chacun son métier !

„ Le mien est celui de mineur ! Et j'en suis fier !

„ Le métier de mineur, en effet, a, comme celui des armes, sa noblesse spéciale, celle du danger !

„ Ce danger ne manque pas dans les mines de houille de Belgique qui sont les plus profondes et les plus dangereuses du monde entier.

„ Aussi la lutte contre les dangers qui menacent la vie des mineurs est-elle, chez nous, continuelle et acharnée.

„ Cette lutte est la préoccupation constante des Ingénieurs du Corps des Mines, auquel j'ai l'honneur d'appartenir.

„ Et si M. le Ministre de l'Industrie et du Travail a délégué près de ce Congrès des représentants du Corps des Mines, c'est spécialement en vue de la recherche de nouveaux moyens pour augmenter la sécurité de nos ouvriers mineurs.

„ Son attente n'a pas été déçue : les travaux présentés aux Sections des Explosifs et des Mines, dont nous avons suivi les séances, ont apporté des lumières nouvelles qui nous aideront à résoudre divers problèmes intéressant la sécurité des mines.

„ Au nom des ouvriers mineurs de Belgique, merci !

„ Qu'on me permette de viser particulièrement dans mes remerciements les distingués et dévoués Présidents des classes III^A et III^B, qui ont dirigé les travaux de ces classes avec tant d'autorité, de compétence et de courtoisie. Ils appartiennent tous deux aux nobles métiers dont j'ai parlé : ce sont, en effet, un mineur et un soldat ! J'ai nommé le colonel Vitali et mon sympathique collègue italien, l'ingénieur en chef Mattirolo ! „

La section des explosifs, à laquelle M. l'ingénieur Watteyne collaborait, a entendu une communication présentant un grand intérêt d'actualité de M. Armand Gautier de Paris, sur les *phénomènes volcaniques dans leurs rapports avec la genèse des eaux thermales.*

M. Gautier attribue les éruptions volcaniques et l'origine des sources thermales non pas à l'introduction des eaux de la mer par les failles terrestres dans les régions incandescentes du globe, mais à la dislocation des couches profondes cristallines, qui perdent leur eau de cristallisation en pénétrant dans les laves brûlantes qui supportent l'écorce terrestre. Ces roches primitives contenant de 8 à 16 °/o d'eau de constitution peuvent

dégager de 25 à 30 millions de tonnes d'eau par kilomètre cube de *granit*, par exemple, et *200 milliards* de mètres cubes de gaz à une pression de sept à huit mille atmosphères. Ainsi s'expliqueraient la formidable puissance des éruptions volcaniques, leur intermittence et leur irrégularité qui tiennent à l'irrégularité même des plissements, des dislocations et des effondrements de l'écorce terrestre.

Partant de ces données M. Armand Gautier a réussi à fabriquer de toutes pièces de véritables eaux minérales, identiques aux eaux minérales naturelles par la distillation lente due à la déshydratation artificielle des roches cristallines primitives.

V. D. B.

GÉOGRAPHIE

Le royaume de Marrakech (1). — L'extrême Nord et la frontière algérienne du *Maroc* sont les parties les plus troublées de l'empire chérifien, qui compte heureusement d'autres régions plus vastes, plus fertiles, plus peuplées et plus soumises. Telles sont par exemple les grandes plaines du *Haouz ;* elles constituent le royaume de *Marrakech*, et leurs produits (céréales), s'écoulant par *Rabat, Casablanca, Mazagan* et *Safi* (doté d'une mauvaise barre), donnent au commerce du *Maroc* toute son importance. C'est ce royaume qui a fait l'objet des recherches de M. *Lemoine ;* s'il n'a apporté que des modifications et des compléments de faible importance à la belle carte d'ensemble au 10 000 000e de M. *de Flotte-Roquevaire*, en revanche, au point de vue géologique, il a fait des constatations fort intéressantes. Il a défini plusieurs niveaux du Trias, du Jurassique, du Crétacé, du Pliocène, etc., et il a constaté, après MM. *Théobald Fischer* et *Brives*, l'existence de plis orientés N. 20° E. dans les couches primaires qui affleurent, non seulement dans les *Djebilet*, mais dans l'*Atlas ;* ces plis toutefois, considérés comme le prolongement des plis hercyniens d'*Europe*, n'affectent pas les sédiments d'âge secondaire. " Ces derniers sont plissés d'une façon tout autre, parallèlement ou à peu près parallèlement à la chaîne de

(1) Paul Lemoine, La Géographie, t. XII (1905), pp. 21-28.

l'*Atlas*. Ainsi se superposent... dans la région de l'*Atlas*, deux séries de plis d'âges différents et de direction différente. C'est un phénomène analogue à celui qui a été observé dans les *Sudètes* et sur le bord de la *Meseta*. „

D'autre part la partie sud de la région de *Marrakech* se compose, au S. de l'*oued Tensift*, de plateaux calcaires, d'âge crétacé et éocène, dont la fertilité est médiocre par suite du manque d'eau. Ce n'est qu'autour des sources et des puits, que se sont établies d'importantes cultures, et que se sont formées des agglomérations : *douar* (village), *kasbah* (château), *zaouia* (monastère). Au nord du *Tensift*, les terrains pliocènes prennent un développement inconnu plus au sud, et présentent généralement des cultures assez intensives ; on y récolte quantité de céréales : blé, orge, maïs, etc. Le sol, presque partout fertile, l'est particulièrement là où dominent les terres noires *(tirs)* et les terres rouges *(hamris)* ; " cette région est appelée à devenir l'une des plus importantes du globe au point de vue de la production des céréales, et un des greniers de l'*Europe* „.

En arrière, la plaine de *Marrakech* est constituée par des alluvions de rivières originaires de l'*Atlas* ; ces alluvions reposent sur des terrains primaires et forment, grâce à une irrigation abondante et savante, " une vaste oasis où les cultures de céréales et les pâturages alternent avec les plantations de palmiers et d'oliviers, et avec les jardins où l'on cultive les grenadiers, les dattiers, les citronniers et les orangers „.

Comme la plupart des régions montagneuses, le haut *Atlas* est un pays pauvre, sauf en quelques coins privilégiés, où s'observent de riches cultures étagées, soigneusement irriguées.

Pour comprendre la situation politique du royaume de *Marrakech*, il importe de rappeler que le sultan jouit dans le pays d'un certain prestige religieux, dû à ce qu'il appartient à une illustre famille chérifienne. Mais une partie du *Maroc (Bled makhzen)* reconnaît de plus son autorité temporelle, d'où l'obligation des impôts et du service militaire ; dans les différentes régions du *Bled makhzen*, le sultan est représenté par des caïds.

Le *Bled makhzen* est formé de deux royaumes, concentrés autour des deux capitales *Fez* et *Marrakech*, où le sultan réside alternativement. Le royaume de *Fez* comprend les deux villes impériales de *Fez* et de *Meknès* ; ses ports sont *Larache* et *Tanger*. Il est séparé du royaume de *Marrakech* par le territoire insoumis *(Bled es siba)* des *Zemmour*, que l'empereur doit con-

tourner, en passant le long de la mer par la ville fortifiée de *Rabat*, s'il veut passer d'un royaume dans l'autre.

Le royaume de *Marrakech* est le plus important des pays makhzen ; " il s'étend jusqu'à l'*Atlas*. Son commerce propre est extrêmement actif, et c'est par ses ports, surtout par *Mogador*, que se font les transactions avec le *Sud-Marocain (oued Sous, oued Draa)* et avec le *Sahara* ".

Quelques régions peuvent être considérées comme intermédiaires entre le *Bled makhzen* et le *Bled es siba ;* le sultan y entretient des caïds, qui n'exercent pas l'ombre d'une autorité ; telles sont la région du *Sous*, la région longeant la frontière oranaise.

L'organisation du pays est encore toute féodale ; une partie considérable du *Maroc occidental* est constituée de grands fiefs, dont les titulaires sont le caïd des *Abdi*, le caïd du *Glaoui*, le caïd des *Goundafi*, etc.

Le Soudan anglo-égyptien (1). — La convention signée en 1898 avec la *France*, a donné à l'*Angleterre* la certitude de conserver la domination de l'*Égypte*, et lui a fourni, avec la reconnaissance de ses droits sur le *Soudan*, le moyen d'établir sa suprématie sur la *mer Rouge*, et de se relier avec la colonie de l'*Uganda*. Tous ces avantages, le gouvernement anglo-égyptien les poursuit avec une ténacité remarquable. On peut placer à la base de l'organisation du pays, et surtout de la mise en valeur du *Soudan*, dont l'avenir est dans l'agriculture, les voies de communication et l'irrigation. Le chemin de fer d'*Alexandrie* à *Wadi-Halfa* a été poussé jusqu'à *Khartoum*, et a largement contribué au développement rapide de cette ville, qui était en ruines, il y a sept ans, et qui ne tardera pas à passer, du rang de centre administratif du *Soudan* anglo-égyptien, à celui de capitale, " à cause de l'importance de sa situation géographique et de la situation centrale que lui feront les voies de communication ". *Khartoum* compte aujourd'hui : un palais, de nombreux édifices, une belle mosquée, une école remarquable *(Gordon college)*, des hôtels, de l'eau potable, l'électricité, des quais en pierre en voie de prolongement vers le *Nil Blanc ;* grâce à un pont bientôt terminé, ces quais relieront *Khartoum* à *Omdur-*

(1) Par Bonnel de Mézières. BULL. DU COMITÉ DE L'AFRIQUE FRANÇAISE, 1906, pp. 189-194 ; — L'activité des Anglo-Égyptiens au Soudan. IBIDEM, 1906, pp. 60-62.

man, et en feront un seul centre de 90 000 habitants. Sur cette voie ferrée de *Wadi-Halfa* à *Khartoum* vient se raccorder entre *Berber* et *Ed Damer*, station située sur l'*Atbara*, la ligne, longue de 532 kilomètres, qui part de *Port-Soudan (Cheikh-Barud)*. Ce nouveau port, placé sur la *mer Rouge*, à 48 kilomètres au N. de *Souakim* et puissamment défendu, est dans une situation admirable, au fond d'un large golfe en eau profonde. Ces deux lignes combinées assurent en temps de guerre les communications de l'*Angleterre* entre l'*Europe* et l'*Asie*, et lui permettent d'aller se ravitailler au *Soudan*, à *Khartoum* en particulier, qui est un remarquable centre d'approvisionnements, en grains et en viande, pour une flotte ou une armée, quelle que soit leur importance.

Sur la ligne *Wadi-Halfa-Khartoum-Port-Soudan*, sont amorcés ou le seront bientôt, un embranchement qui partira de *Thomian*, situé à mi-chemin entre la *mer Rouge* et l'*Atbara*, et se dirigera sur *Kassala*, et une voie qui s'embranche à la station d'*Abou-Ahmed*, entre *Wadi-Halfa* et *Khartoum*, longe le *Nil* jusqu'à *Merowé*, et se continuera jusqu'à *Dongola ;* cette dernière voie, d'intérêt local, aidera à la transformation rapide de cette région, très propre à la culture des dattiers, des céréales et du coton, et assurera ce trafic au *Soudan*, au détriment de l'*Égypte*.

Au surplus *Khartoum* va devenir tête de ligne d'une voie ferrée longeant le *Nil Bleu*, se dirigeant vers *Wad-Médani* et *Rosèires*, et aboutissant à *Addis-Abbaba*. C'est probablement sur cette ligne, qui facilitera les travaux d'irrigation dans la superbe région enserrée entre le *Nil Bleu* et le *Nil Blanc*, et dénommée *Ghézireh*, qu'aboutira, le long des contreforts abyssins, le chemin de fer de l'*Uganda*.

Quant au chemin de fer du *Kordofan*, il sera amorcé à *El Dueïm*, au S. de *Khartoum*, sur le *Nil Blanc ;* il gagnera *El Obéid ;* il n'est guère douteux que cette ligne, qui facilitera l'occupation du *Darfour*, sera prolongée à travers le *Ouadaï* jusqu'au *Tchad*, sous le nom de *Chemin de fer du Pèlerinage ;* elle achèvera de développer et de civiliser le *Soudan* tout entier du *Sénégal* au *Nil*.

Nous venons de dire que la voie ferrée de l'*Uganda* irait s'amorcer à la ligne *Khartoum-Addis-Abbaba*. L'événement n'est point proche et le *Nil Blanc* restera en attendant la seule grande artère reliant le *Soudan* à l'*État Indépendant du Congo* et à l'*Uganda*. Le *Bahr el-Arab* et le *Kir* ont été débarrassés du sedd, et les vapeurs peuvent remonter jusque *Hofrat el-Nahas*

et jusqu'à une journée de *Dem-Ziber*. Dans la rivière de *Djour*. les roches ont été enlevées et la navigation est possible jusque près de *Tamboura*. Deux de ces voies fluviales permettent des communications avec le *Mbomou-Ubanghi*, et la troisième avec le *Chari*.

Sans parler des ponts à construire en divers points du *Nil*, signalons qu' " un barrage doit être établi à *Goz-Abou-Guma*, pour faciliter l'irrigation du territoire entre le *Nil Blanc* et le *Nil Bleu*, et aussi du Sud du *Kordofan* „, et que le cours du *Nil* depuis *Bor* jusqu'à sa rencontre avec le *Sobat* sera rectifié, pour éviter la perte d'eau considérable qu'éprouve le fleuve pendant sa traversée des régions marécageuses du *Bahr el-Ghazal*, et augmenter ainsi dans d'énormes proportions la surface des terres irriguées ou le nombre des récoltes.

L'Année cartographique (1). — Cette publication continue à présenter le plus grand intérêt ; la présente livraison contient les modifications géographiques et politiques survenues pendant l'année 1904 en *Asie*, en *Afrique* et en *Amérique* ; MM. *E. Giffault*, *M. Chesneau* et *V. Huot* ont dressé les cartes respectives de ces trois continents.

La feuille consacrée à l'*Asie* donne les itinéraires de *V. Obroutcheff*, en *Asie centrale*, dans la *Chine septentrionale* et au *Nan Chan* (échelle du 7 500 000e) ; — les itinéraires du lieutenant *Oum* dans la province de *Dar Lac (Indo-Chine française)* (éch. du 1 500 000e) ; — les itinéraires de MM. *C. G. Rawling* et *A. J. G. Hargreaves* dans le *Tibet occidental* (éch. du 5 000 000e) ; — trois cartons montrant l'avancement des travaux géodésiques, de la topographie et de la cartographie dans l'*Indo-Chine française*. Pour l'*Afrique* nous avons une carte de la partie du *Sahara*, comprise entre *In-Salah* et *Tombouctou*, d'après les reconnaissances du commandant *Laperrine*, du capitaine *Thèveniaut*, du lieutenant *Voinot*, etc. (éch. du 6 000 000e) ; — un croquis du *Tchad*, d'après la carte manuscrite du lieutenant *Boudry*, dressée à l'aide des travaux des officiers qui ont séjourné dans la région (éch. du 1 200 000e) ; — un croquis des îles de *Los* ; — le tracé du chemin de fer projeté entre *Thiès* et *Kayes* ; — enfin au point de vue politique : la nouvelle frontière

(1) Supplément annuel à toutes les publications de Géographie et de Cartographie. 15e année. Paris, Hachette, novembre 1905. In-fo. Trois feuilles de cartes avec texte explicatif au dos.

anglo-allemande en *Guinée* (éch. du 4 000 000e) ; la nouvelle frontière entre *Niger* et *Tchad*, d'après l'accord franco-anglais du 8 avril 1904 (éch. du 6 000 000e); la nouvelle frontière franco-anglaise en *Gambie* (éch. du 1 000 000e) ; les nouvelles divisions de l'*Afrique occidentale française*. L'*Amérique* n'est représentée que par deux cartes : les *Monts Appalaches* et les *Grands Lacs canadiens*, d'après les cartes du " *U. S. Geological Survey* „ (éch. du 3 000 000e) ; — explorations dans la *Haute Argentine* et la *Bolivie*, entreprises de 1903 à 1904 par M. *Florence O'Driscoll* et les Drs *Steinmann*, *Hoek* et *von Bistram* (échelle du 5 000 000e).

Bien que le texte placé au dos des cartes ne soit qu'une partie accessoire et se borne généralement à un exposé sommaire des itinéraires, il nous faut cependant signaler l'excellent commentaire ajouté par M. *Emm. de Margerie* au croquis des *Monts Appalaches* et une notice sur le lac *Tchad*, écrite par le lieutenant *Boudry*, et d'où il résulte que " dans un temps plus ou moins long, lorsque le *Tchad* aura acquis sa stabilité hydrographique, il n'en restera qu'un vaste marais et la communication navigable entre le *Chari* et la *Komadougou*, point de départ de la route du *Soudan*, n'existera que pendant quelques mois de l'année „.

Le peuplement de la Suisse. Étude de géographie humaine (1). — La *Suisse* couvre 41 324 kilomètres carrés, répartis en trois grandes régions naturelles, qui sont du sud au nord, les *Alpes*, le *Plateau* et le *Jura*. La zone productrice ne comprend que les trois quarts de cette superficie ; la zone habitée, en raison de l'altitude, est encore plus restreinte. Sur les sommets des Alpes, dont plusieurs points sont à plus de 4000 mètres au-dessus du niveau de la mer, le climat est très rude et contrarie le mouvement de la population ; en 1888, 5 % seulement des habitants habitaient au-dessus de 1000 m. d'altitude ; le climat est beaucoup plus doux dans les vallées, où l'élevage, principalement celui du gros bétail, constitue de loin l'occupation principale des habitants ; cette industrie pastorale entraîne une large dispersion de la population, mais résout le problème de l'existence dans ces hautes altitudes.

" Les grandes vallées longitudinales, généralement assez

(1) Par Pierre Clerget. Bull. Soc. Roy. Belge de Géographie, 1906, pp. 73-97.

larges, sont plus habitées que les vallées latérales, plus étroites et à pentes plus raides ; le peuplement est tellement fonction de l'étroitesse de la vallée que l'*Engadine*, tout entière, avec ses vingt-deux communes, atteint à peine la population de *Coire* (12 209 habitants) ; la zone habitable ne s'étend que sur une mince bande et les maisons vont s'égrenant en chapelet le long de la route. „ De façon générale d'ailleurs les villages s'établissent toujours plus haut que la rivière, soit que celle-ci coule dans une gorge profonde, soit que l'on craigne les irrégularités de son débit ; presque partout les pentes exposées au midi sont plus peuplées et plus cultivées, que les versants tournés vers le nord. “ D'autres facteurs généraux exercent aussi leur influence sur le peuplement des Alpes : la nature de la roche en place, l'épaisseur de la terre végétale, l'abondance de l'eau et les facilités de l'irrigation ; plusieurs de ces conditions se trouvent réunies dans l'utilisation des cônes de déjection que les torrents forment à leur sortie des vallées latérales. Plus ces torrents sont écartés les uns des autres, plus ils sont puissants, plus leur pente est douce et plus leur cône est faiblement incliné et stable. Dans ce dernier cas, les villages s'y installent, l'homme y trouve de l'eau, un terrain particulièrement fertile ; de là, il domine la plaine d'alluvions, et la vallée où coule le torrent est le chemin naturel de la montagne. „

A l'exception de *Coire*, située au coude du Rhin, au point où la vallée s'élargit suffisamment pour permettre les cultures, les agglomérations urbaines sont inconnues dans les *Alpes ;* les habitants vivent dispersés dans les villages ; mais à la belle saison des bourgades de quelques centaines d'individus se grossissent de milliers d'excursionnistes, qui se succèdent sans interruption ; c'est même grâce à “ l'industrie des étrangers „, autrement rémunératrice que l'élevage et vraie barrière à l'exode rural, engendré par les branches industrielles, que la population permanente de ces petits centres tend naturellement à augmenter.

Bien que l'altitude soit beaucoup moindre au *Jura* que dans les *Alpes* (*Mont Tendre* 1683 mètres), néanmoins le climat, celui des hautes vallées notamment, est plus rude à altitude égale ; aussi l'élevage est-il prédominant, et les cultures encore plus rares que dans les *Alpes ;* il ne s'en trouve même pas dans les hautes vallées, dont la population serait beaucoup moins dense, sans l'introduction, au commencement du XVIIIe siècle, d'une industrie merveilleusement adaptée au milieu, l'horlogerie ; elle

constitue la grande richesse de ce pays au sol pauvre. Ici, comme dans les *Alpes*, les exigences de l'élevage ont nécessité la dispersion de la population : on ne peut signaler dans les hautes vallées, à l'altitude de 950 et de 1000 mètres, que deux villes de 13 000 et de 36 000 âmes, le *Locle* et la *Chaux-de-Fonds ;* elles ont grandi avec le développement de l'horlogerie, mais elles ont gardé leur aspect rural, leurs mœurs simples et leur caractère hospitalier.

Le pied du *Jura*, qui forme la partie la plus basse du *Plateau suisse*, a une altitude comprise entre 350 et 450 mètres, mais du côté des *Alpes*, la région s'élève jusque près de 2000 mètres. Sous le rapport climatérique, le *Plateau* est la plus favorisée des trois grandes régions naturelles de la *Confédération helvétique*. La température moyenne annuelle oscillant entre 7 et 10° C, le *Plateau* est à la fois région de culture et région d'élevage ; la vigne et les céréales sont particulièrement en honneur, mais l'élevage gagne sur la culture ; il est plus rémunérateur en raison des perspectives qu'il ouvre à certaines industries : fabrication du fromage, du lait condensé, de la farine lactée, du chocolat au lait. Ce développement de l'élevage pousse à l'exode rural, car il nécessite moins de bras ; il favorise donc l'action exercée par les villes, particulièrement développées sur le *Plateau*, qui réunit toutes les conditions pour être plus peuplé que les *Alpes* et le *Jura*.

" Si de nombreuses agglomérations jalonnent l'ancienne voie romaine de *Genève* à *Arbon*, c'est encore l'eau qui a exercé sur les centres habités la plus puissante attraction. Au nord et au sud, où cet élément est plus rare, les villages sont compacts ; dans les vallées du centre, au contraire, où l'eau est surabondante, les fermes se disséminent, le paysan s'isole au milieu de ses terres. Cette influence de l'eau n'est nulle part plus visible qu'autour des lacs. „ Les causes de ces phénomènes sont l'adoucissement de la température, la beauté du paysage et les facilités offertes aux cultures arborescentes et à la vigne. M. F.-A. Forel a tracé, sur les rives suisse et savoyarde du *Léman*, deux bandes parallèles de 2500 mètres de largeur, de 250 kilomètres carrés de superficie totale, la première riveraine, la seconde située entièrement à l'intérieur des terres. La population de la zone lacustre est de 246 296 habitants, soit 570 par kilomètre carré ; elle est six fois plus considérable que celle de la zone campagnarde qui s'élève à 43 938 individus, soit 93 par kilomètre carré. " Même en soustrayant de la première zone les

deux grandes cités de *Genève* et de *Lausanne*, il resterait 251 habitants par kilomètre carré... „

“ Sur les dix-huit villes suisses de plus de 10 000 habitants, quinze se trouvent sur le *Plateau*, réparties principalement soit au pied du *Jura*, soit au pied des *Alpes*, vérifiant le principe que la population se porte toujours de préférence à la limite de deux régions naturelles. „ Presque tous ces centres doivent essentiellement leur extension à la création des chemins de fer et au développement industriel. “ L'extension du périmètre urbain s'est modelée sur la topographie : si l'on constate à *Berne* et à *Fribourg*, par exemple, une forte prédominance vers l'ouest, c'est que dans cette direction s'ouvre le méandre de l'*Aar* ou de la *Sarine*, point de départ du peuplement des deux villes. Partout ailleurs, l'élargissement s'est fait à peu près également en tous sens, à moins que les rives d'un lac ou un autre obstacle physique ne lui aient marqué des limites infranchissables „. Il faut signaler enfin “ l'influence des pays voisins qui s'est fait sentir surtout à la périphérie : si *Genève* est française d'allures, *Bâle* et *Schaffhouse* ont bien le cachet allemand, et l'air italien des petites villes tessinoises n'est pas pour surprendre. La *Suisse* se trouve, en effet, au carrefour de trois civilisations, qui se reflètent et s'estompent dans le peuplement de ses frontières. „

Bâle port de mer (1). — Sachant que les voies de communication sont le principal facteur du développement industriel et commercial d'un pays, et qu'elles modifient de façon heureuse les conditions économiques des régions qu'elles traversent, la *Suisse*, placée au cœur de l'*Europe*, en un carrefour où viennent se croiser plusieurs artères de trafic international, n'a pas hésité, comme le prouvent le *Saint-Gothard* et le *Simplon*, à s'imposer des sacrifices énormes. Toutefois ces transports par *essieu* sont onéreux : ils augmentent largement le prix de revient des matières premières nécessaires à l'industrie. Aussi, en peuple bien avisé, les *Suisses* cherchent-ils à développer chez eux la *navi-*

(1) Revue pratique des sciences commerciales, Liége, 1906, pp. 265-276. Analyse d'une étude publiée par M. Th. Zobrist, professeur à l'École de commerce de Porrentruy, sous le titre : La navigation sur le Rhin supérieur. Son importance pour la ville de Bâle et son influence sur le trafic international de la Suisse, dans : Schweizerisches Kaufmannisches Centralblatt, mars 1906, nos 9, 10 et 11.

gation fluviale, dont les tarifs sont particulièrement favorables au transport des marchandises lourdes et encombrantes.

La convention de *Mannheim* de 1868 a ouvert le *Rhin* et ses affluents, de *Bâle* jusqu'à la pleine mer, à toutes les embarcations chargeant les personnes et les marchandises ; ces bateaux peuvent suivre la voie qui leur plaît, pour l'aller et le retour. Aussi la batellerie sur ce fleuve, en dépit des voies ferrées qui drainent ses rives, a-t-elle pris un essor extraordinaire ; les ports rhénans allemands présentent un mouvement annuel qui dépasse trente millions de tonnes ; entre *Ruhrort* et *Mannheim*, il circule tous les ans près de trente mille bateaux, et quarante mille entre *Ruhrort* et *Rotterdam*. Il se comprend dès lors que les villes rhénanes s'imposent des sacrifices d'argent considérables pour se créer des ports sûrs. " *Duisburg*, *Ruhrort*, *Dusseldorf*, *Cologne*, *Mayence* et *Mannheim*, possèdent des bassins et des quais d'embarquement qui rappellent ceux des grands ports de mer ; ils sont munis de l'outillage le plus puissant et le plus moderne. „ Il en sera bientôt de même de *Kehl*, de *Strasbourg* et de *Bâle*. Nous disons *Bâle*, en dépit des obstacles résultant de l'opposition de *Mannheim*, de celle de *Kehl* et de *Strasbourg*, et des difficultés que le *Rhin* supérieur offre à la navigation. Des remorqueurs d'un type spécial auront aisément raison des bancs de gravier tapissant çà et là le lit du fleuve, et la preuve ayant été faite que celui-ci est navigable pendant au moins huit mois d'avril à novembre, une société de navigation à vapeur sur le *Rhin* supérieur a été fondée à *Bâle*. Comme couronnement de tous ces efforts, des fonds viennent d'être votés par le Grand Conseil du Canton pour doter la ville d'un port digne de la première place de commerce de la *Suisse*.

Congrès international pour l'étude des régions polaires. — Ce congrès a tenu ses séances à *Bruxelles*, du vendredi 7 au mardi 11 septembre. Le véritable but, visé par les organisateurs, était la création d'une " Commission polaire internationale „. La partie scientifique cependant n'a pas été perdue de vue, mais elle venait en ordre secondaire. Comme toujours des discussions plus ou moins vives ont eu lieu, des critiques, peut-être justifiées, ont été ou peuvent être formulées ; le travail des sections, faute de temps, n'a pas été ce qu'il aurait dû être ; mais l'accord s'est fait, grâce à des concessions mutuelles ; des vœux ont été émis et adoptés, et l'on a voté le projet de statuts de la " Commission polaire internationale „ que nous venons de signaler. Ce

projet devra être soumis dans le plus bref délai à l'approbation des États. Et voilà créé un nouvel organisme, dont on peut attendre les plus heureux résultats, car les polaires ont toujours arboré la vieille et fière devise : noblesse oblige.

F. Van Ortroy.

ETHNOGRAPHIE

—

Chronologie du quaternaire. — Qui parviendra à débrouiller le chaos du quaternaire ? M. Rutot y contribue avec sa hardiesse habituelle et il a élaboré un système complet, dans lequel viennent s'intercaler à leurs places respectives, les dépôts, les données de la faune et les industries paléolithiques. Malheureusement cet ensemble, si savamment conçu et si adroitement agencé, est sujet à beaucoup de critiques, même de la part de ceux qui n'opposent aucune difficulté à l'industrie éolithique (1). M. Blanckenhorn s'en est longuement occupé à la Société d'Anthropologie de Berlin, quand il s'est agi d'interpréter les trouvailles faites dans le diluvium, aux environs de Neuhaldensleben, à l'ouest de Magdebourg.

En premier lieu, il reproche à M. Rutot de suivre trop servilement M. Geikie et de ne pas tenir suffisamment compte des travaux des géologues allemands et notamment des intéressantes recherches de M. Penck, sur le quaternaire des Alpes (2).

M. Blanckenhorn fait valoir un second grief contre la classification de M. Rutot, qui a le tort de caractériser des époques par l'*elephas antiquus* et l'*elephas primigenius* et d'établir une distinction trop formelle entre ces deux époques. C'est un fait avéré que les restes de ces deux éléphants se rencontrent très souvent ensemble, que l'*elephas antiquus* est caractéristique du Chelléen et qu'il ne faut pas assigner le gisement de Taubach à

(1) P. Favreau, *Neue Funde aus dem Diluvium in der Umgegend von Neuhaldensleben.* M. Blanckenhorn, *Diskussion.* Zeitschrift für Ethnologie, tome XXXVII, 1905, pp. 284 et suiv.

(2) A lire un article de M. A. Obermaier : *Le Quaternaire des Alpes et la Nouvelle Classification du professeur A. Penck.* L'Anthropologie, 1904, p. 25.

une prétendue époque éolithique, parce qu'on y a relevé la présence de l'*elephas antiquus*.

M. Rutot commet une troisième erreur ; il attribue une valeur excessive à l'aspect de l'industrie et au type des instruments. Parce que le coup de poing fait défaut, dans certains gisements de l'Europe centrale, ce n'est pas un motif pour les classer dans le paléolithique moyen ou le paléolithique supérieur, alors que les données de la géologie permettent de fixer une date plus reculée.

L'Origine des Éolithes. — M. Boule combat l'existence de l'homme tertiaire et la valeur des éolithes comme produits de l'industrie humaine, pour deux motifs : d'abord il est imprudent d'admettre l'existence de l'homme à des époques géologiques si reculées en l'absence de tout document ostéologique ; ensuite il paraît certain que les éolithes peuvent être produits par des causes naturelles.

Il y a, au sud-est de Mantes, dans la commune de Guerville, une usine qui fabrique du ciment, en mélangeant de la craie et de l'argile plastique. La craie, qui renferme des rognons de silex, est versée avec l'argile dans des cuves circulaires, appelées délayeurs et dans ces bassins elle est soumise au mouvement tourbillonnaire de l'eau. Ces cailloux, qui subissent dans les délayeurs les actions dynamiques d'un tourbillon artificiel, comparables aux actions dynamiques d'un cours d'eau naturel et torrentiel, offrent tous les caractères des anciens graviers des rivières et un grand nombre d'entre eux présentent des retouches identiques à celles qu'on observe sur les éolithes. M. Boule a pu recueillir une belle collection d'échantillons, semblables à ces pièces, qu'on désigne sous les noms de *percuteurs, grattoirs, retouchoirs, silex à encoches*. Voici la conclusion de M. Boule : " Comme paléontologiste, je crois fermement à l'existence de l'homme tertiaire ; je ne doute pas qu'on trouvera un jour ses traces sur quelque point du globe ; mais pour être irrécusables, ces traces devront avoir une valeur tout autre que celle des éolithes " (1).

(1) M. Boule, *L'Origine des éolithes*, L'Anthropologie, t. XVI, 1905, pp. 257 et suivantes. M. H. Obermaier expose les mêmes données, dans l'article *Zur Eolithenfrage*, Archiv für Anthropologie, Neue Folge, t. IV, p. 75.

Classification du néolithique. — A la Société d'anthropologie de Bruxelles, M. Rutot (1) a fait valoir quelques notions préliminaires sur le néolithique, devant servir de base à une classification à introduire dans cet âge. Il distingue des facies divers du néolithique et il discerne le Tardenoisien, le Campignien, le Néolithique à facies éolithique, auquel il donne le nom de Flénusien, l'Omalien, caractérisé par les fonds de cabanes, le Robenhausien à facies industriel et le Robenhausien à facies défensif.

Cette manière d'envisager le néolithique nous suggère plusieurs observations.

M. Rutot considère-t-il le néolithique en général ou ne tient-il compte que du néolithique de Belgique ?

Sans le dire clairement, il ne paraît s'occuper que du néolithique de Belgique, car s'il tenait compte du néolithique des autres pays, il devrait d'après son système introduire un grand nombre de subdivisions, pour caractériser tous les facies que le néolithique comporte en divers pays. Nous croyons que la répartition de M. Rutot est sujette à faire naître la confusion ; pourquoi choisir un nom particulier, comme l'Omalien par exemple, pour désigner l'habitat et l'industrie des fonds de cabanes, qui se manifestent en plusieurs pays ? Avec une telle nomenclature, on risque de multiplier les vocables à l'infini et d'avoir un nom particulier pour chaque découverte.

Si l'on établit une classification pour le néolithique, il y a lieu, nous semble-t-il, de distinguer, non les manifestations diverses de la culture néolithique, mais les époques pendant lesquelles cette culture a évolué ; de cette façon on peut s'en tenir aux débuts du néolithique, caractérisés par les stations à tranchets du Campignien, de l'Arisien et des *Affaldsdynger* du Danemark et autres gisements similaires (2) et au plein épanouissement du néolithique, pour lequel on a depuis longtemps adopté le nom de Robenhausien et qui est caractérisé par des facies divers, comme l'érection des cabanes et des habitations lacustres, la construction des dolmens, la confection des beaux instruments tels que les haches polies et les pointes de flèches. Toutes les stations de l'apogée du néolithique offrent des ressemblances et présentent aussi des variétés, soit pour l'habitat, soit pour la

(1) A. Rutot, *Notions préliminaires sur le Néolithique.* Bulletin de la Société d'Anthropologie de Bruxelles. Tome XXIV, 1905, p. xxiii.

(2) L'Anthropologie, tome XII, p. 354.

confection des instruments et l'industrie de la poterie et ces variétés sont réunies à des degrés divers dans les mêmes stations ; cette diversité n'implique pas une nomenclature diverse, une classification distincte, mais simplement des notions ethnographiques différentes. Jusqu'à nouvel ordre, à l'exemple de M. Piette (1), nous ne distinguerons que deux époques dans le Néolithique, pour lesquelles on peut adopter le nom de *Campignien* pour les stations à tranchets et le nom de *Robenhausien* pour les stations où prédomine la hache polie.

L'homme de Krapina. — Nous avons étudié un nouvel article de M. Gorjanovic-Kramberger sur ses intéressantes recherches dans la caverne de Krapina (2). Il en résulte à toute évidence que le gisement de Krapina appartient au paléolithique inférieur, bien qu'il soit difficile d'établir la chronologie du quaternaire pour la Croatie et de la comparer à celle des autres contrées, pour le motif que le gisement paraît antérieur au loess et que la Croatie n'a pas subi l'invasion des Glaciaires.

Il est certain que la caverne de Krapina est caractérisée par la présence du rhinocéros Mercki. M. Gorjanovic-Kramberger a relevé, depuis ses précédentes études, un crâne entier de ce rhinocéros, qui a permis de fixer l'âge géologique de la couche et l'a mis hors de conteste.

L'étude de quelques débris de crânes humains a permis de conclure qu'il y a des crânes dolichocéphales, mésaticéphales et brachycéphales ; nous avions toujours cru que les races primitives de l'Europe étaient extrêmement dolichocéphales.

M. Gorjanovic-Kramberger attribue aussi des caractères pithécoïdes à une partie de l'os frontal. Il est aisé de constater la notable différence qui distingue le type de Spy-Néanderthal, du crâne du Chimpanzé : n'est-il pas hors de propos d'attacher une si grande importance à des parties si fragmentaires ? La diffé-

(1) E. Piette, *Classification et Terminologie des temps préhistoriques.* Centralblatt für Anthropologie, tome VI, p. 65. — M. Cartailhac écrit dans l'Anthropologie, tome XVI, 1905, p. 321 : " Ni Salmon ni MM. Capitan et d'Ault n'ont inventé le Campignien ; l'honneur en revient aux Danois, à Worsaae principalement et la démonstration de deux phases dans le Néolithique remonte au Congrès de Copenhague, en 1869.„

(2) Dr K. Gorjanovic-Kramberger, *Der paläolithische Mensch und seine Zeitgenossen aus dem Diluvium von Krapina in Kroatien,* dans Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien, t. XXXV, 1905.

rence est-elle moins accentuée, parce que les arcades sourcilières sont proéminentes, le front fuyant et que l'os nasal, dont une minime partie seulement subsiste, ne forme pas un angle avec l'os frontal, mais semble se profiler dans la même direction que le front ? Qu'on jette un coup d'œil sur une collection de crânes récents, et on verra immédiatement des exemplaires dans lesquels une partie de l'os nasal suit le profil de l'os frontal que M. Gorjanovic-Kramberger a si minutieusement étudié.

L'auteur décrit dans les moindres détails quatre mâchoires inférieures, et il les compare à la mâchoire de la Naulette et à celles de Spy et de Sipka. Elles sont prognathes et sans connexité en avant. L'apophyse du génioglosse fait défaut, mais on aperçoit deux légères éminences, dans lesquelles on voit poindre la *spina mentalis interna* de l'homme récent.

Les écritures de l'âge glyptique. — M. Piette poursuit dans l'Anthropologie, ses originales études d'ethnographie préhistorique. Son dernier article s'occupe des écritures de l'âge glyptique. On sait que M. Piette appelle ainsi l'âge du renne, à cause des sculptures et des gravures qu'on y rencontre. Il nous montre divers fragments de bois de renne avec de belles sculptures en creux. Les signes qu'ils portent, représentent des cercles à saillie centrale, des losanges, des fossettes, des spirales de formes diverses, qui se suivent.

Voici maintenant la thèse que M. Piette soutient : ces signes sont des hiéroglyphes. Ces symboles sont des images employées comme signes d'une chose ; ils représentent donc des mots. Dans la succession des temps, les mots ont été décomposés en syllabes, les syllabes en lettres et les mêmes signes ont désigné successivement des mots, des syllabes et des lettres. Les merveilleuses sculptures de l'âge du renne nous représentent donc les plus anciennes inscriptions connues, l'écriture des temps paléolithiques !

Nous professons pour la science et les admirables découvertes de M. Piette le plus grand respect, mais nous hésitons à souscrire à des assertions aussi hardies et aussi dénuées de preuves.

Prenons le cercle à saillie centrale ; nous admettons tout au plus qu'il offre quelque ressemblance avec l'hiéroglyphe qui désigne le soleil. M. Piette va trop loin, quand il affirme que ce signe est le symbole du soleil. Comment peut-on le savoir ?

M. Piette est encore plus tranchant, quand il s'agit des autres

signes. Il ne suffit pas de dire : " Le losange aussi est certainement un symbole... Le sixième signe est évidemment un hiéroglyphe. „ Ce sixième signe, aussi énigmatique que les autres, consiste en deux lignes droites et trois lignes courbes juxtaposées.

En somme, les affirmations de M. Piette ne nous paraissent pas appuyées de preuves suffisantes, et ensuite l'auteur ne semble-t-il pas se contredire et donner la véritable interprétation de ces signes, quand il avoue que ces signes constituent des motifs d'ornementation et que " le symbolisme a été la principale source d'ornementation aux temps glyptiques „ ?

Tout ce qu'on peut présumer, c'est qu'il est possible que ces gravures soient des symboles et même, si c'étaient des hiéroglyphes, il faudrait renoncer à jamais à les lire, à les interpréter, à en saisir la signification.

La chronologie que M. Piette s'efforce d'établir sur l'évolution de l'écriture, sur le temps nécessaire à l'écriture pictographique pour se développer et aboutir à l'écriture cursive, nous semble également du domaine de la fantaisie (1).

Les restes humains quaternaires dans l'Europe centrale. — M. H. Obermaier entreprend dans l'ANTHROPOLOGIE (2) les restes humains quaternaires, recueillis dans l'Europe centrale, pour élucider le problème des races humaines quaternaires. La première partie de ce remarquable travail est consacrée aux découvertes anthropologiques de l'Autriche-Hongrie et son principal mérite consiste en ce que l'auteur, ayant étudié les découvertes sur place, est à même d'écarter toutes celles dont la valeur scientifique n'est pas solidement établie.

C'est ainsi qu'il élimine comme douteuses ou erronées, les trouvailles faites en Bohême, en Hongrie et en Pologne et certaines trouvailles faites en Moravie, pour s'en tenir au gisement de la caverne de Sipka en Moravie, qu'il range dans la troisième période glaciaire : Moustérien à faune froide ; aux découvertes de Krapina, aux gisements de Willendorf, de Predmost et de Bruenn, qu'il attribue à la troisième période interglaciaire et à la phase de la formation du loess : Moustérien à faune chaude et période des steppes ; au gisement de la *Gudenus-hoehle*,

(1) Ed. Piette, *Études d'ethnographie préhistorique. Les Écritures de l'âge glyptique.* L'ANTHROPOLOGIE, t. XVI, 1905, pp. 1-11.

(2) L'ANTHROPOLOGIE, tome XVI, 1905, pp. 385 et suiv.

qu'il classe dans la quatrième période glaciaire : Magdalénien à faune froide.

La caverne de Sipka, au nord de la Moravie, n'a fourni qu'un fragment incomplet et partant peu caractéristique de mandibule humaine ; la *Gudenus-hoehle,* sise aux environs de Krems n'a procuré qu'une canine d'enfant et la station de Willendorf, près de Vienne, qu'un fragment de fémur gauche.

Nous avons déjà rendu compte des découvertes de Krapina et nous en reparlons plus loin.

La station de Predmost, située aux environs de Prerau, a livré plusieurs squelettes. On a pu reconstituer dix crânes dolichocéphales, dont six appartiennent à des individus adultes et quatre à des adolescents. La longueur des fémurs permet de conclure qu'il s'agit d'une grande race. Les crânes masculins montrent des arcades sourcilières bien développées.

A Bruenn on a trouvé un squelette, dont le crâne est au plus haut degré dolichocéphale. Quelques parties du crâne et des autres ossements étaient colorées d'un rouge intense. M. Virchow avait exprimé l'opinion que cette coloration était artificiellement produite après le décharnement des os. M. Obermaier est d'avis qu'on jetait autour du corps enterré des grains de sanguine, dont la désagrégation produisait des taches rouges sur les os et sur les objets placés à côté d'eux.

Résultat scientifique : bien que les documents ne soient pas abondants, il est permis de présumer qu'à l'époque quaternaire la région du Danube moyen était peuplée d'une grande race dolichocéphale.

Les peintures et gravures murales de la caverne de Marsoulas. — Nos lecteurs se rappellent le bel article consacré par le regretté marquis de Nadaillac aux peintures et aux gravures murales des grottes préhistoriques de l'âge du renne (1). L'infatigable et savant abbé Breuil, aidé de M. Cartailhac et de M. Capitan, continue à explorer ces cavernes et à rendre compte de ses découvertes. Récemment et de concert avec M. Cartailhac il a décrit dans l'ANTHROPOLOGIE (2) les relevés des graffites et des peintures de la caverne de Marsoulas, située près de Salies-du-Salat, dans la haute Garonne.

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. LVI, juillet 1904, pp. 67-96.

(2) E. Cartailhac et l'abbé Breuil, *Les Peintures et Gravures murales des cavernes pyrénéennes.* L'ANTHROPOLOGIE, t. XVI, juillet-octobre 1905, pp. 431-444.

Ce qui captive l'intérêt, dans les découvertes faites dans cette caverne, c'est qu'elles établissent un lien entre la caverne espagnole d'Altamira et celle de Font-de-Gaume et autres du Périgord, de la Gironde et du Gard.

Il y a d'abord un paragraphe relatif aux gravures. Nous admirons les dessins d'un cheval gravé sur la paroi droite, d'un bison gravé sur la paroi gauche et d'un bouquetin gravé au fond de la galerie. Les principales figures entières, au nombre de quatorze se composent de six chevaux, six bisons, un bouquetin et un cervidé. Il y a une centaine de croquis de têtes, parmi lesquels le bison prédomine. Quelques croquis de figures humaines semblent rappeler des masques de sauvages.

Le paragraphe suivant traite des animaux peints. La principale figure est un grand bison, analogue à ceux d'Altamira. Les bords de l'image, le pourtour du corps, c'est-à-dire la croupe, la queue, la ligne dorsale, le creux des reins, le garrot, toute la tête, l'avant du poitrail sont noirs. En dedans de ces lignes la masse du corps, les flancs, les cuisses sont rouges. L'œil a la prunelle rouge. Deux bisons, qu'on rencontre ensuite, sont noirs.

Le dernier paragraphe de cette monographie expose les signes. On remarque des tectiformes, des pectiformes, des pointillés et des bandes arborescentes, qui sont rouges. Les peignes, à quatre, à cinq et parfois à six dents assez allongées, semblent représenter des mains. On observe aussi des croix, inscrites dans un cercle, qu'on retrouve sur les galets coloriés du Mas d'Azil.

A Marsoulas pas plus qu'à Altamira on ne rencontre de figures d'animaux éteints, comme dans la Dordogne.

Crânes préhistoriques et crânes modernes. — M. Charles S. Meyers a établi une comparaison intéressante entre deux séries d'indices (1). La première appartient à un grand nombre de crânes, qui proviennent des fouilles de M. Petrie à Nekada et auxquels on attribue un âge de 5000 ans avant notre ère. La seconde a été prise sur le vivant et ramenée aux indices craniométriques. L'auteur a pu mesurer des soldats égyptiens, originaires des provinces de Kena et de Girga et ces conscrits ont

(1) Charles S. Meyers, *Contributions to Egyptian Anthropometry. The comparative Anthropometry of the most ancient and modern Inhabitants*, dans THE JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE OF GREAT BRITAIN AND IRELAND. Vol. XXXV, 1905.

vécu dans la même région de la vallée du Nil et dans le même milieu que leurs ancêtres préhistoriques.

L'indice céphalique moyen de la série préhistorique est 72,99 ; l'indice céphalique moyen de la série moderne est 72,53 ; la morphologie du crâne ne dénote donc aucune différence essentielle entre la population préhistorique et la population moderne.

Dans les deux séries, on constate que l'écart entre l'indice céphalique minimum et l'indice céphalique maximum est très faible et le peu d'étendue des oscillations démontre que la population moderne est demeurée aussi homogène que l'était la population préhistorique.

Pour la sériation individuelle, la courbe accuse sensiblement les mêmes sommets, avec double décroissance analogue, dans les deux séries.

Cette comparaison fournit un bel exemple de la persistance des caractères physiques, dont l'ensemble constitue les races.

Le crannoge de Zeebrugge. — Quand on a creusé, en 1904, la darse ouest du port de Zeebrugge, on a découvert, sous deux mètres d'alluvions marines, un ancien ouvrage en bois, de forme rectangulaire, qui a été déblayé en partie et décrit par M. le baron de Loë (1). Il était formé de poutres en grume, de 12^{m},50 de longueur, parallèles, distantes les unes des autres de 2^{m},66 à 3 mètres et reliées entre elles par des traverses. L'ouvrage était maintenu en place par deux rangées latérales de pieux, fixés très profondément en terre et serrés les uns contre les autres. Les grandes poutres présentaient toutes aux extrémités, une ouverture rectangulaire, dans laquelle pénétraient les traverses de liaison. Quelques vestiges découverts sur cet ouvrage, qui reposait sur la tourbe, le fixent à l'époque romaine, comme le suggère d'ailleurs la couche d'alluvions marines qui le recouvre et dont le dépôt a commencé dès le IVe siècle. Cette construction offre une ressemblance frappante avec les crannoges des îles britanniques. On y a recueilli aussi une calotte crânienne, avec

(1) A. de Loë, *Découverte d'un ancien ouvrage en bois, dans les travaux de creusement de la darse ouest du port de Zeebrugge*, Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles, tome XXIV, 1905, p. xix. — Baron Ch. Gillès de Pélichy, *Note sur l'ancien ouvrage en bois, découvert au port de Zeebrugge*. Annales de la Société d'émulation, tome LV, 1905, p. 177.

l'indice céphalique 74.85 (1). Il résulte d'autres découvertes que la région a été occupée aussi par une race brachycéphale ; le mélange des races, qui se constate de nos jours, remonte par conséquent à une date très ancienne.

J. Claerhout.

SCIENCE ÉCONOMIQUE

—

Les Caisses ordinaires d'épargne en Italie (2). — Le Ministère italien de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce a publié, à l'occasion de l'Exposition internationale de Milan, un historique étendu des Caisses ordinaires d'épargne dans lequel il a fait ressortir la grande part prise par ces Caisses dans le développement économique du pays. Cet historique, formé d'une série de monographies groupées par région territoriale, débute par une introduction générale claire, méthodique et substantielle dont l'analyse me suffira pour montrer les progrès de l'épargne en Italie depuis 1822 jusqu'aujourd'hui et quel a été le rôle bienfaisant des capitaux accumulés par elle, dans le domaine de l'agriculture, dans celui de l'industrie, comme aussi en matière de bienfaisance, de prévoyance et d'utilité publiques.

Les premières Caisses d'épargne italiennes — les Caisses vénitiennes — datent de 1822 ; elles furent annexées aux Monts de Piété. En 1823, fut fondée la Caisse de Milan, en 1827, celle de Turin, en 1829, celle de Florence. Les États de l'Église instituèrent la Caisse de Rome, en 1836 et celle de Bologne, en 1837. Puis les Caisses se multiplièrent de plus en plus. Au 1er avril 1906 on en comptait 184 en activité.

L'Italie ne fut pas la première à instituer des Caisses d'épargne — l'Allemagne, l'Angleterre et la Suisse se disputent cet honneur — mais elle ne fut pas longtemps à occuper une place

(1) V. Jacques, *Note sur le crâne trouvé à Zeebrugge*, Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles, tome XXIV, 1905, p. xxii.

(2) Ministero d'Agricultura, Industria e Commercio. *Le Casse ordinarie di Risparmio in Italia dal 1822 al 1904*. Notizie storiche presentate all' Esposizione di Milano del 1906. Un vol. in-8o de 641 pages. — Roma, Tipografia nationale, 1906.

importante parmi les pays épargnants. Les 184 organismes actuels présentent une caractéristique bien propre au génie italien : une grande variété d'organisation et une remarquable faculté d'adaptation aux besoins locaux et au processus de la vie sociale. La loi de 1888 sur les Caisses d'épargne a respecté leur féconde indépendance et n'a pas voulu, en les courbant sous une règle trop uniforme, les empêcher de continuer une œuvre économique favorisée par une liberté d'action dont, à considérer l'ensemble des institutions, on n'a jamais abusé.

Les Caisses ordinaires d'épargne sont régies par la loi précitée de 1888, par celle de 1898 et par un règlement de 1897.

Les Caisses, quel que soit le fondateur, ont droit à la personnalité civile. Leur dotation originelle ne peut être inférieure à 3000 francs et n'est susceptible de remboursement que si le fonds de réserve atteint le 1/10 des dépôts. Ce fonds — comme aussi n'importe quelle espèce de patrimoine ou de profit — ne produit pas intérêt au bénéfice du fondateur. Les 9/10 des profits annuels sont destinés obligatoirement à la formation et à l'augmentation du fonds de réserve; le dernier dixième peut être affecté à des œuvres de bienfaisance ou d'utilité publique, à l'augmentation du patrimoine, etc. Cette part de 1/10 est majorée lorsque le fonds de réserve se maintient à une valeur égale au 1/10 des dépôts. La qualité de sociétaire est distincte de celle d'administrateur ; la première est personnelle et intransmissible jusqu'au remboursement de la contribution. Aucune participation aux profits, aucune indemnité rattachée à ces profits ne sont accordées aux administrateurs ; ils ne perçoivent que des jetons de présence lorsque le capital administré dépasse cinq millions de lire.

Les livrets d'épargne sont nominatifs ou au porteur, ou bien nominatifs payables au porteur; la loi admet aussi des dépôts autres que des dépôts sur livrets, notamment des dépôts en compte courant. Les institutions de bienfaisance, les sociétés de secours mutuels, les sociétés d'artisans, etc., qui représentent la petite épargne sont autorisées dans certaines limites à posséder des livrets particuliers bénéficiant d'un taux d'intérêt plus élevé que celui des livrets ordinaires.

Les Caisses d'épargne ne peuvent acquérir d'immeubles que pour les besoins de leur service ; tous ceux qui viennent à leur échoir par héritage, donation, ou toute autre cause et dont l'emploi ne répond pas à ces besoins, doivent être vendus dans les dix ans.

Les statuts des Caisses sont approuvés par le Roi sur la proposition du ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce, le Conseil d'État entendu. Les Caisses sont soumises à la surveillance du ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce.

En cas de graves irrégularités, le Conseil d'administration peut être dissous ou suspendu et remplacé temporairement, dans le premier cas, par un commissaire royal ou, dans le second, par un commissaire ministériel. Lorsque dans le courant d'un exercice une perte d'au moins la moitié du patrimoine a été constatée et que cette perte n'est pas réparée par les fondateurs dans une mesure suffisante, la dissolution peut être prononcée par le Roi, le Conseil d'État entendu.

On voit par ce rapide exposé de la législation que l'avoir des déposants est entouré des plus expresses garanties. En l'espèce, ces garanties sont nécessaires ; elles sont un des meilleurs encouragements à l'épargne populaire.

Les 184 Caisses d'épargne actuelles se répartissent inégalement sur le territoire italien ; les Marches et le Midi en possèdent le plus grand nombre, la Sicile, la Lombardie, la Ligurie en comptent le moins, la Sardaigne n'en possède plus. Les Caisses se classent en deux grands types : celui de Société anonyme — 103 caisses — qui domine dans la Toscane et les anciens États pontificaux, et celui d'institutions fondées par des communes ou d'autres êtres moraux — 76 Caisses — type habituel à la haute Italie et au Midi. Les 5 Caisses non comprises dans les catégories précédentes sont de forme spéciale. La Caisse de Milan a une administration à la nomination de laquelle prennent part la commune de Milan, toutes les provinces lombardes et le Gouvernement ; les Caisses de Palerme et de Carrare ont un conseil nommé par le Gouvernement ; la Caisse de Naples dépend de la Banque de Naples et celle de Sienne du Mont de Piété de Paschi.

Diverses institutions ont des succursales et leur action s'étend hors de leur province.

A la fin de 1904, les sommes déposées dans les 182 Caisses alors existantes se montaient à 1 776 900 000 lire ; l'ensemble des patrimoines était de 281 800 000 lire. Il y avait donc 2 058 700 000 lire à administrer.

Le tableau suivant indique, depuis 1830, les accroissements décennaux des dépôts et des patrimoines pour l'ensemble des Caisses ordinaires d'épargne italiennes.

(En millions de lire)

	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1904
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dépôts	6,3	21,4	42,5	157,7	347,7	686,0	1186,7	1504,7	1776,9
Patrimoines	0,2	1,0	2,6	11,2	28,2	70,4	140,4	234,3	281,8

Si l'on tient compte, en outre, de près de 984 millions de lire recueillis par la Caisse d'épargne postale, dont il sera dit quelques mots plus loin, on arrive à un total de 2761 millions de lire de dépôts, somme considérable, mais qui est loin de représenter toute l'épargne italienne que sollicitent aussi pour une grande part les institutions de crédit et les Banques populaires. A la fin de 1904, les seules Banques coopératives — au nombre de 759 — avaient recueilli 640 1/2 millions de lire.

Les Caisses ordinaires d'épargne sont de véritables *Banques* de dépôt, elles sont donc appelées à *placer* les fonds qui leur sont confiés et, à cet égard, elles attirent particulièrement l'attention.

Voici le tableau des placements (dépôts et patrimoines) depuis 1830 :

(En millions de lire)

Au 31 déc.	Titres	Prêts hypothéc.	Prêts chirograph.	Portefeuille (Lett. de ch.)	Comptes courants	En souffr.
1830	3,0	1,5	1,9	—	—	—
1840	2,6	7,6	8.5	0,9	2,3	—
1850	2,7	20,0	14,9	3,3	2,8	—
1860	14,0	83,3	31,7	12,6	6,9	0,2
1870	73,8	107,5	49,3	27,1	11,9	0,9
1880	306,3	135,4	92,7	82,3	46,4	2,2
1890	578,7	274,9	151,0	142,0	60,4	6,9
1900	991,4	255,6	136,8	138,2	66,3	7,1
1904	1072,7	303,1	165,0	289,8	80,7	7,3

Les placements en titres sont pour la presque totalité des placements en titres publics ; ils ont eu et ont encore une grande influence sur le marché des fonds d'État, ils ont contribué à

l'amélioration progressive des cours du Consolidé. Les prêts hypothécaires révèlent l'aide apportée par les Caisses à la propriété terrienne qui manque de capitaux et ne trouve généralement qu'un crédit difficile et coûteux. Les 290 millions de lire en lettres de change représentent les services rendus au Commerce et spécialement à l'Agriculture qui a besoin de longues échéances et de nombreux renouvellements et à qui presque toujours les portes sont fermées. Les prêts chirographaires sont, pour la plupart, consentis en faveur des communes et de sociétés diverses, afin de faciliter l'exécution de travaux d'utilité publique et de contribuer, sous différentes formes, au développement économique du pays.

Les comptes courants sont, pour un quart, des dépôts effectués par les petites caisses auprès des plus grandes et par celles-ci auprès des Banques d'émission et, pour les trois quarts, des ouvertures de crédit garanties par des gages hypothécaires et, le plus souvent, par des lettres de change. On n'a pas toujours eu à se féliciter de cette espèce de placements.

Les placements en souffrance sont des créances échues et non recouvrées, mais dont le recouvrement peut être espéré. Cette situation existe surtout dans les Marches et dans le Midi où l'éducation du crédit laisse encore à désirer et où le sentiment de l'échéance fait défaut. Il convient de remarquer que le portefeuille contient, pour une grande partie, des lettres de change agraires dont le règlement est souvent subordonné à la vente de la récolte.

Les Caisses d'épargne ont principalement soutenu l'agriculture, la première et l'unique source de richesse de la majorité des provinces italiennes. Le crédit agricole a été organisé et rendu vraiment pratique par les Caisses d'épargne; les Caisses sont allées plus loin encore et, sous forme de dons, ont distrait de leurs profits annuels des sommes importantes qui ont été consacrées à différents objets utiles à l'agriculture. Il faut citer des subventions à des sociétés agricoles, à des expositions et à des foires. L'enseignement agricole a été subsidié, des chaires ambulantes d'agriculture ont été créées et une école supérieure d'agriculture, dotée avec munificence, a été fondée à Bologne.

Dans le domaine de l'industrie les initiatives des Caisses sont moins nombreuses, moins importantes et moins heureuses que dans celui de l'agriculture. En matière de bienfaisance publique,

elles ont toujours marché à l'avant-garde ; elles ont participé à toutes les grandes œuvres de prévoyance sociale, elles sont intervenues dans tous les désastres nationaux et locaux et ont créé un grand nombre d'institutions de bienfaisance. Elles ont construit des habitations ouvrières, fondé ou soutenu des hôpitaux, des sanatoriums, des établissements pour convalescents, des asiles pour enfants, des cuisines économiques. Elles ont contribué à la diffusion de l'instruction.

Jusqu'en 1904, les caisses avaient donné 80 millions de lire, dont 36 millions au cours des cinq dernières années, proportion singulière, mais qui s'explique par le grossissement des patrimoines qui a permis de distraire une part de plus en plus grande des bénéfices annuels.

Depuis l'origine 38 Caisses d'épargne, ont été liquidées, dont 13 importantes. La liquidation de celles-ci s'est produite au cours des vingt-cinq dernières années; aucune liquidation n'a plus été prononcée depuis 1897. Il est permis d'espérer que les pertes dues aux liquidations ne se reproduiront plus grâce aux sages dispositions de la loi de 1888, lesquelles sont rigoureusement appliquées.

Outre les Caisses ordinaires d'épargne, l'Italie possède une Caisse postale instituée par la loi du 15 mars 1875. La limite des dépôts productifs est de 2000 lire, le minimum des versements est de 1 franc. Les remboursements se font généralement à vue. Le taux de l'intérêt fixé en 1876 à 3 %, fut élevé en 1879 à 3 1/2 % ; en 1887 il fut réduit à 3,25 %, à 3 % en 1895, à 2,88 % en 1898, à 2,76 % en 1901 et, enfin, à 2,64 % en 1906. Depuis 1880 jusqu'à la fin de 1904 le nombre des livrets s'est élevé de 339 845 à 5 265 446; leur solde total, de 46 252 860 lire à 983 620 537 lire.

La Caisse postale étend son action à la colonie d'Erythrée, à l'Ile de Candie et aux navires de guerre. Elle effectue aussi des opérations d'épargne pour le compte des Italiens résidant à l'étranger. Elle possède un service de carnets de rente de la Dette publique ; elle fait le service des coupons de cette rente ainsi que celui des billets gagnants de la Loterie. Des comptes courants sont ouverts sans limitation par la Caisse postale aux chancelleries judiciaires et aux institutions de bienfaisance publique. Enfin, la Caisse postale se charge gratuitement du service des rentes d'invalidité et de vieillesse des ouvriers.

Les capitaux de la Caisse postale sont administrés par la Caisse des Dépôts et Prêts. Une partie des profits est dévolue à la Caisse nationale pour l'invalidité et la vieillesse des ouvriers, le restant va au fonds de réserve qui atteignait environ 14 millions de lire à la fin de 1902.

B.

TABLE DES MATIÈRES

DU

DIXIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LX DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JUILLET 1906

—

Le Minotaure Typhée, par **M. J.-H. Fabre** 5

La Forêt gauloise, franque et française, par **M. C. de Kirwan** 30

Les Origines de la Statique *(fin)*, par **M. P. Duhem** . . 65

La Fonction économique des Ports *(suite)* :

II. Le Port de Bruges au moyen age, par **M. Georges Eeckhout**. 110

III. Le Port de Barry, par **M. H. Laporte** 127

IV. Le Port de Beira, par **M. Ch. Morisseaux** . . 143

V. Les Fonctions économiques du Port de Liverpool, par **M. Paul de Rousiers** 167

VI. Anvers et la vie économique nationale, par **MM. Ernest Dubois** et **Marcel Theunissen** . . . 183

VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, par **M. G. Blondel** 222

Note complémentaire, par **M. Édouard Van der Smissen** 243

La Société scientifique aux fêtes du centenaire de Le Play, Discours de **M. Beernaert** 255

Bibliographie. — I. 1. N. I. Lobatchefskij. Zwei geometrische Abhandlungen, aus dem Russischen uebersetzt, mit Anmerkungen und mit einer Biographie des Verfassers von Fr. Engel. — 2. N. J. Lobatchefskij's imaginäre Geometrie and Anwendung der imaginären Geometrie auf einige Integrale, aus dem Russischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von H. Liebmann. — 3. Études géométriques sur la théorie des parallèles par N. I. Lobatchewsky, traduit de l'allemand par J. Hoüel. — 4. Pangéométrie ou Précis de Géométrie fondée sur une théorie générale et rigoureuse des parallèles par N. J. Lobatchewsky, **P. Mansion**. 260

II. Sammlung von Formeln und Sätze aus dem Gebiete der elliptischen Funktionen nebst Anwendungen, von J. Thomae, **P. Mansion**. 266

III. Methodik der elementaren Arithmetik in Verbindung mit Algebraischer Analysis von Dr Max Simon, **H. B.** 268
IV. Grundriss einer analytischen Geometrie der Ebene, von J. Thomae in Jena, **H. B.** . . . 269
V. Études sur les Assurances-Vie. Calcul des primes suivant la notation des Actuaires, par Jean Schul, S. J., professeur d'Algèbre financière à l'École supérieure de commerce Saint-Ignace à Anvers, **C. Beaujean** 271
VI. Karl Schellbach. Rückblick auf sein wissenschaftliches Leben nebst zwei Schriften aus seinem Nachlass und Briefen von Jacobi, Joachimsthal und Weierstrass herausgegeben von Felix Müller, mit einem Bildnis Karl Schellbachs, **H. Bosmans, S. J.** . . . 274
VII. Bellino Carrara, S. J. Professore di Calcolo infinitesimale nell' Universita Gregoriana. L' " Unicuique Suum „, a Galileo, Fabricius e Scheiner nella scoperta delle macchie solari, **H. Bosmans, S. J.** 276
VIII. Le livre de l'Ascension de l'esprit sur la forme du ciel et de la terre. Cours d'astronomie rédigé en 1279 par Grégoire Aboulfarag, dit Bar-Hebraeus, publié pour la première fois, d'après les manuscrits de Paris, d'Oxford et de Cambridge, par F. Nau. Seconde partie, traduction française, **H. Bosmans, S. J.**. . 280
IX. Cours de Physique de l'École polytechnique, par M. J. Jamin, troisième supplément par M. Bouty. Radiations. Électricité. Ionisation, **V. S.** 286
X. Sur les Électrons, par Sir Oliver Lodge. Traduit de l'anglais par E. Nugues et J. Péridier, **V. S.** 287
XI. Radio-Activity, by E. Rutherford, deuxième édition, **V. S.** 288
XII. Theorie der Elektrizität. Zweiter Band : Elektromagnetische Theorie der Strahlung, von Dr M. Abraham, **V. S.** 288
XIII. Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts, von Dr Ernst Gerland, **V. S.** 290
XIV. Elektrische Wellen-Telegraphie, von J.-A. Fleming. Traduit de l'anglais par E. Aschkinass, **V. S.** 291

XV. Les Éléments de l'esthétique musicale, par Hugo Riemann, Professeur à l'Université de Leipzig, traduit et précédé d'une introduction par Georges Humbert, Professeur au Conservatoire de Genève et à l'Institut de musique de Lausanne, **G. Lechalas** 292
XVI. Hydraulique agricole et urbaine, par G. Bechmann, **W.** 299
XVII. Le Sucre. Les plantes saccharifères, par C. Maréchal, **É. D. W.** 300
XVIII. Minnesota plant diseases, par G. M. Freeman, **É. D. W.** 301
XIX. L'Argentine au xxe siècle, par A. B. Martinez et M. Lewandowski, avec une préface par Ch. Pellegrini, ancien Président de la République argentine, **É. D. W.** 302
XX. Compte rendu des opérations et de la situation de la Caisse générale d'épargne et de retraite instituée par la loi du 16 mars 1865 sous la garantie de l'État. 304
XXI. De l'Esprit du gouvernement démocratique, par Adolphe Prins, **E. D.** 308
Revue des recueils périodiques.
Géologie, par **M. A. de Lapparent** 313
Sciences techniques, par **M. G. de Fooz** 322
Bulletin bibliographique. 338

LIVRAISON D'OCTOBRE 1906

Joseph-Marie de Tilly (1837-1906), par **M. P. Mansion.** 353
La chronologie des époques glaciaires et l'ancienneté de l'homme, par **M. A. de Lapparent.** 362
Le problème de l'alimentation. Physiologie et pratique des régimes alimentaires, par **M. le Dr Dardel** (d'Aix-les-Bains) 385
La forêt gauloise, franque et française *(fin)*, par **M. C. de Kirwan.** 421
L'électricité considérée comme forme de l'énergie. Les deux notions fondamentales : le potentiel et la quantité d'électricité, par **M. le Lt Colonel Ariès.** 452
Le rire et ses anomalies, par **M. le Dr X. Francotte.** 492
Orientaux et Occidentaux en Espagne aux temps préhistoriques, par **M. L. Siret** 529

VARIÉTÉS. — I. *Tâif la cité alpestre du Hidjaz au premier siècle de l'Islam : Étude de géographie arabe ancienne*, par le **R. P. H. Lammens, S. J.** 583
II. *L'agrandissement de la lune à l'horizon*, par **M. G. Lechalas**. 597

BIBLIOGRAPHIE. — I. Encyclopédie des sciences mathématiques pures et appliquées. Tome I, vol. 4, fasc. 1 et vol. 3, fasc. 1, **M. O.** 603
II. Sur quelques points du calcul fonctionnel, par M. Fréchet, **F. W.** 605
III. Traité de trigonométrie plane et sphérique, par l'abbé E. Gelin, **P. M.** 607
IV. Mélanges de géométrie à quatre dimensions, par E. Jouffret, **G. Lechalas**. 609
V. Cours d'astronomie, par Louis Maillard. Tome I, **J. T.** 612
VI. Elementi di astronomia del P. Adolfo Müller, vol. 1 et 2, **P. V.** 616
VII. Observation, étude et prédiction des Marées, par Rollet de l'Isle, **M. O.** 618
VIII. Étude expérimentale du ciment armé, par R. Feret, **M. O.** 628
IX. Traité pratique d'électrochimie, par Richard Lorenz, **J. P.** 634
X. Le bois, par J. Beauverie, **C. de Kirwan**. . . 636
XI. Traité d'exploitation commerciale des bois, par Alphonse Mathey. Tome I, **C. de Kirwan**. . . 644
XII. Le domaine et la vie du sapin autrefois et aujourd'hui et principalement dans la région lyonnaise, par Cl. Roux, **C. de Kirwan**. 650
XIII. Les tremblements de terre. Géographie séismologique, par F. Montessus de Ballore, **G. Schmitz, S. J.** 653
XIV. Les révélations de l'écriture d'après un contrôle scientifique, par Alfred Binet, **G. Lechalas** . . 658
XV. L'objet de la métaphysique selon Kant et selon Aristote, par C. Sentroul, **P. S.** 663
XVI. R. P. Martin Hagen, S. J. Lexicon biblicum, **S. E.** 666

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
LE CONGRÈS INTERNATIONAL DES CHIMISTES A ROME (avril-mai 1906), par **V. D. B.** 668
GÉOGRAPHIE, par **M. F. Van Ortroy** 679
ETHNOGRAPHIE, par **M. J. Claerhout** 689
SCIENCE ÉCONOMIQUE, par **B.** 698

Louvain. — Imp. POLLEUNIS & CEUTERICK, 60, rue Vital Decoster, 60

BARRY RAILWAY COMPANY
DOCKS AND DISTRICT MAP.
1906.
WILLIAM WADDELL, M.Inst.C.E.
Engineer.
Note. Barry Railway is shewn in Red thus
" " Authorised "
" " Running Powers "
By Sec. 23 of the Barry Ry Act 1888 and Sec. 54 of the Vale of Glamorgan Act 1889 facilities are given for the interchange of traffic at the junctions with the Taff Vale & Great Western systems.
KEY PLAN.
BARRY RAILWAY CONNECTIONS.
DISTANCES FROM BARRY SHEWN IN MILES.
LONDON
BARRY
SWANSEA
NEATH
PORT TALBOT
BRIDGEND
CARDIFF
NEWPORT
PONTYPOOL
ABERGAVENNY
BLAENAVON
MERTHYR TYDVIL
ABERDARE
PONTYPRIDD
TREFOREST
CAERPHILLY
TONDU
LLANTRISANT
CADOXTON
DROPE
WENVOE
PENARTH
DINAS POWIS
COWBRIDGE
SOUTHERNDOWN Rd
PORTHCAWL
LLANTWIT MAJOR
CILESTON
ABERTHAW
RHOOSE
BRISTOL CHANNEL
SWANSEA BAY
BARRY DOCK STATION
BARRY ISLAND STATION
BARRY STATION
CADOXTON STATION
DOCK No 1
DOCK No 2
TIMBER POND
35 ACRES
BARRY HARBOUR
WICKMOOR BAY
To Cardiff, Birmingham, Leeds, Manchester & London
From Swansea & Collieries
To Treharfod & Collieries
DOCK No 1 & DOCK No 3 BASIN
DOCK No 2
LADY WINDSOR DEEP LOCK
COMMERCIAL GRAVING DOCK
BARRY GRAVING DOCK COMMANDS GRAVING DOCKS
SCALE 3 MILES = 1 INCH
SCALE OF CHAINS
SCALE 880 FEET TO AN INCH

AMNH LIBRARY
100226260